# TAŞOVA (AMASYA) CİVARINDA KUZEY ANADOLU FAY ZONU'NUN KİNEMATİĞİ, DEPREMSELLİĞİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ

Recai KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2006

# TAŞOVA (AMASYA) CİVARINDA KUZEY ANADOLU FAY ZONU'NUN KİNEMATİĞİ, DEPREMSELLİĞİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ

**Recai KILIÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2006**

# TAŞOVA (AMASYA) CİVARINDA KUZEY ANADOLU FAY ZONU'NUN KİNEMATİĞİ, DEPREMSELLİĞİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ



**Recai KILIÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2006**

**Kaan Şevki KAVAK** **Jeoloji Mühendisliği Bölümü** **Doç. Dr.**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

| | | |
|---|---|---|
| Başkan | Prof. Dr. Haluk TEMİZ | |
| Üye | Doç. Dr. Kaan Ş. KAVAK | |
| Üye | Yrd. Doç. Dr. Orhan CERİT | |

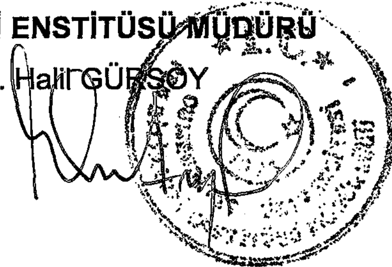
**ONAY**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

13../03/2006

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ**

Prof. Dr. Halil GÜRSOY



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 01.01.2004 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan "Yüksek Lisans ve Doktora tez yazım Kılavuzu" adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması, TÜBİTAK'ın 103Y021 nolu projesi tarafından desteklenmiştir.

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**TAŞOVA (AMASYA) CİVARINDA KUZEY ANADOLU FAY ZONU'NUN KİNEMATİĞİ, DEPREMSELLİĞİ VE UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE İNCELENMESİ**

Recai KILIÇ

*Cumhuriyet Üniversitesi*
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK

Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) Taşova civarında gözlenen kesimi üzerinde yapılan kinematik çalışmalar ve sedimantolojik değerlendirmeler sonucunda Neotektonik dönemin başlangıcı ve bölgedeki gerilme yönleri ortaya çıkarılarak zonun yaşına ve kinematiğine ışık tutulmaya çalışılmıştır. Bu genel amaç içerisinde, KAFZ'nin bu kesimdeki geometrisi, kinematiği, sismik aktivitesi ve genel olarak tüm dinamik özellikleri ele alınmıştır. KAFZ'nin ana kırığının bölgede, K-G yönlü sıkışma rejiminin etkisi altında gözlenen açısal diskordansın geliştiği evre olarak da bilinen Pliyosen başlarında oluştuğu önceki araştırmacıları destekler şekilde ortaya konulmuştur. Bölgede K 70° B doğrultusunda uzanan KAFZ'nın kinematiğinin anlaşılması için yapılan fay topluluklarının kinematik analizi çalışmalarının sonucunda elde edilen ters faylanmaların, KAFZ'nin oluşumundan önceki döneme ait K-G yönlü sıkışmanın etkisi ile ya da KAFZ'nin doğrultu atımlı faylanması ile birlikte gelişmiş olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu faylanmaları takip eden ya da eş zamanlı olarak gelişen doğrultu atımlı faylanmalar, günümüzde de bölgede etkin olan KB-GD doğrultulu tektonik rejimdir. Üçüncü evre ise, doğrultu atımlı rejimle uyumlu olan ve yersel olarak gelişen KD-GB doğrultulu açılma rejimidir. Farklı jeolojik birimlerden ölçülen fay düzlemlerine göre bölgedeki sıkışma doğrultusu ($\sigma 1$) KB-GD yönünde, açılma doğrultusu ise ($\sigma_3$) KD-GB yönündedir.

Tarihsel ve aletsel dönemlerde Taşova ve yakın civarında suskunluğunu koruyan KAFZ, bölgede genel olarak, Niksar-Destek ile Esençay segmentleri ile temsil edilmektedir. KD-GB yönünde gelişen normal faylanmalar,Taşova-Erbaa havzasının, KAFZ' nin Niksar-Destek segmenti ile Esençay segmenti arasındaki rahatlama bölgesinde gelişen pull-apart havza karakterini yansıtmaktadır. Yeşilırmak vadisini kesen KAFZ'nin, vadide yaklaşık 7.36 Km lik bir atıma neden olduğu hesaplanmıştır.

Taşova havzası boyunca gözlenen uzamış sırtlar ve basınç sırtları tipik bir doğrultu atımlı fay morfolojisi sunmakta olup, bölgeye ait ERS-2 SAR ve Landsat görüntüleri üzerinde yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: ERS-2 SAR, kinematik analiz, Landsat TM, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Taşova

## ABSTRACT

MsC Thesis

# KINEMATICS, SEISMIC ACTIVITY AND REMOTE SENSING STUDIES USING SATELLITE IMAGES OF THE NORTH ANATOLIAN FAULT ZONE AROUND TASOVA (AMASYA) REGION

Recai KILIÇ

Cumhuriyet University
Institute of Applied and Natural Sciences
Geological Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK

In this study, beginning of Neotectonic period and stress directions of North Anatolian Fault Zone (NAFZ) were determined to try to understand based on kinematics measurements from fault planes and sedimentological observations around Taşova region. Geometry, kinematic features, seismic activity and all dynamic characteristics of NAFZ were considered in this general context thoroughly. On the other hand, presence of an angular unconformity which was also showed forming main fault zone was determined with the aid of detailed field observations.

At the end of this study, the presence of three different tectonic phases were exposed compatible with each other to understand kinematics of the region using fault plane measurements during field studies. The oldest tectonic phase is represented with reverse faults. Secondly, following strike-slip regime which is active in NW-SE direction in region is transpressional/transtensional character and can be also assumed synchronous with former reverse faulting. Thirdly, local extensional regime developed in NE-SW direction compatible with this strike-slip regime. According to measurements from geological units, compressional direction ($\sigma1$) is in NW-SE and extensional direction ($\sigma3$) is NE-SW in the study area.

Historical and recent records indicate that there are no any seismic activities around region. Previous studies and our observations during field studies Taşova basin is a pull-apart basin and represented Niksar-Destek and Esençay segments of the NAFZ. Normal faults in NE-SW direction have been reflected that Taşova-Erbaa basin is a pull-*apart basin which is also has a normal component. In this study,* strike-slip has been calculated approximately 7.3 km around Yeşilırmak valley.

Elongated hills and pressure ridges along the Taşova basin represent typical strike-slip fault morphology. These morphological evidences can be also observed ERS-2 SAR and Landsat TM images based on remote sensing studies.

KEYWORDS: ERS-2 SAR, kinematic analysis, Landsat TM, North Anatolian Fault Zone, Taşova



## KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Programı kapsamında hazırlanmış olan bu Yüksek Lisans Tezi, Sayın Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK'ın danışmanlığında yürütülmüştür.

Öncelikle beni yüksek lisans öğrencisi olarak kabul edip, yüksek lisans öğrenimimin her aşamasında, arazi ve laboratuar çalışmaları sırasında değerli bilgi ve görüşlerinden yararlanma olanağı tanıyan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK'a (C.Ü.),

Tez çalışmamın değişik dönemlerinde yararlı görüş ve önerilerde bulunan Doç. Dr. Süha ÖZDEN'e (Onsekiz Mart Üniversitesi.),

Saha çalışmaları sırasında yardımları için Jeoloji Yük. Müh. Zafer AKPINAR'a,

Tez çalışmaları sırasında gösterdikleri yardım ve desteklerinden dolayı Jeo. Yük. Müh. Zafer Akın TÜRKBEN' e ve Naci TUR' a

teşekkür ederim.

Recai KILIÇ

OCAK 2006

# İÇİNDEKİLER

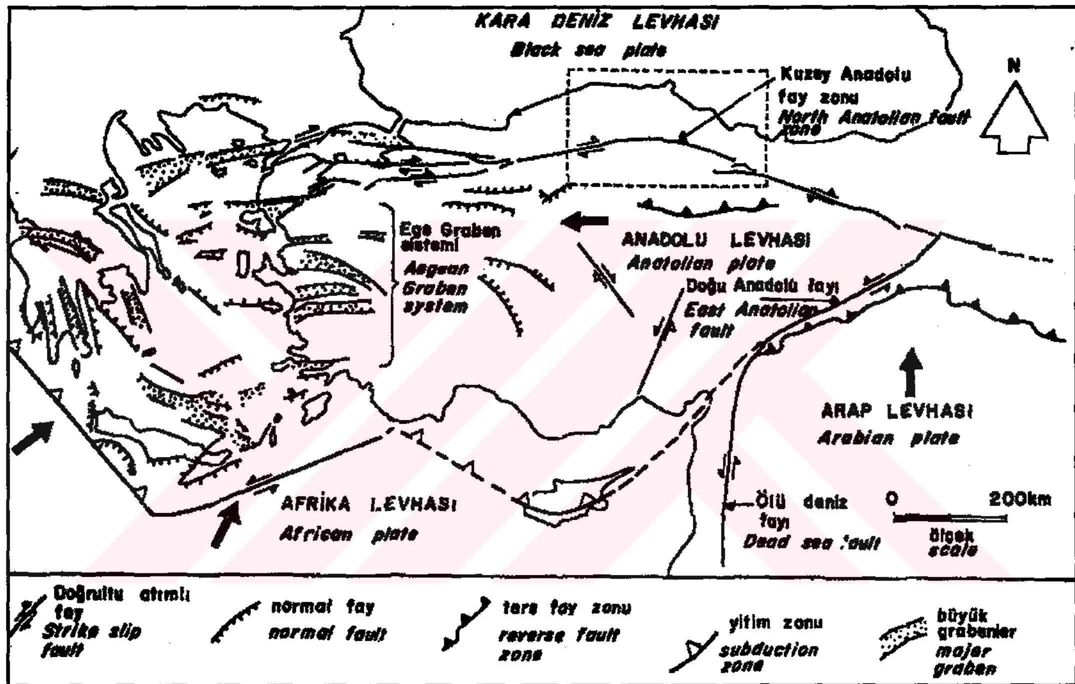
**Sayfa No**

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **Sayfa No**

**TABLOLAR DİZİNİ** **Sayfa No**

## 1. GİRİŞ

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), sismik aktivitesi, çok iyi gelişmiş yüzey şekli ve içinde yer aldığı Doğu Akdeniz bölgesinin tektonik öneminden dolayı, dünyanın en iyi bilinen doğrultu atımlı fay zonlarından birisidir (Ketin, 1968; Şengör ve diğ., 1985; Kiratzi, 1993). KAFZ, doğuda tipik bir üçlü birleşme bölgesini şekillendirir ve Karlıova'da sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ile birleşir (Şekil 1).




**Şekil 1.** Türkiye'nin ana neotektonik yapılarını ve neotektonik provenslerini gösteren basitleştirilmiş tektonik harita (Barka, 1984)

Türkiye'nin doğusundan Yunanistan'a kadar uzanan sağ yanal doğrultu atımlı bir fay zonu olan KAFZ yaklaşık 1500 km uzunluğunda olup, geniş bir yay geometrisi ile konveks bir yapı göstermektedir (Şekil 2). KAFZ, baskın olarak birkaç yüz metreden 40 km' ye kadar uzanan zon genişliği sunmaktadır. Uzanımı boyunca yer yer örgülenmiş olarak gözlenen bu fay zonu, birbirine paralel fay kollarından meydana gelmiştir. Koçyiğit (1989) tarafından transform fay zonu olarak da tanımlanan KAFZ, kuzeyde Avrasya Plakası ve güneyde Anadolu

Bloğu arasında, Karadeniz kıyısına yaklaşık paralel olarak uzanmaktadır (Şekil 2).

**Şekil 2.** Kuzey Anadolu Fay Zonunun uzanımı (Barka, 1992).

Çalışma alanı, kinematik ve tektonik özellikleri açısından batı, orta ve doğu olmak üzere genel olarak üç segmente ayırabileceğimiz KAFZ' nin doğu kısmında yer almaktadır. Gelişimini KAFZ'ye bağlı olarak sürdüren Taşova havzasında KAFZ'nin kinematiği sağ yanal doğrultu atımlı bir deformasyonu vermektedir. Ancak gerek geometrisi gerekse davranış biçimi, zonun oluşumundan günümüze kadar ki dönemde birtakım değişim/dönüşümler geçirerek geliştiğini göstermektedir (Över, 1996, Bellier vd.,1997, Özden vd., 2002). Bu türden davranışları ortaya çıkarmak yapılan kinematik amaçlı çalışmalar günümüzde önemli bir yer tutmaktadır. Fay topluluklarının kinematik analizleri kullanılarak, KAFZ'nin orta kesiminde oldukça fazla sayıda çalışma yapılmış olmasına karşın (Barka, 1981; 1984 ve 1992; Bellier vd.,1997; Koçyiğit, 1989; Över, 1996; Över vd.,1997; Özden vd., 2002; Tatar, 1993), batı ve doğu segment üzerinde bu türden çalışmalara yönelik araştırmalar oldukça sınırlı kalmıştır.

Bu bölgenin aydınlatılmasında, sedimantolojik ve kinematik çalışmaların yanı sıra özellikle aletsel ve tarihsel depremlerin dağılımları ve bölgedeki çizgiselliklerin konumlarının uydu görüntüleri üzerinde belirlenmesinden de faydalanılmıştır.

Yukarıda kısaca bahsedilen çalışma alanı ve yakın civarının yapısal özellikleri, bu yüksek lisans tez çalışmasında farklı yöntemlerle ele alınmış ve aşağıdaki bölümlerde önemli sonuçlar ortaya konmuştur.

## 1.1. İncelemenin Önemi ve Kapsamı

İnceleme alanı, KAFZ'nin orta ve doğu bölümlerinin birleşim yeri olan Taşova civarında ve KAFZ üzerinde yer almaktadır. Bu yüksek lisans tez çalışmasında, yapılan kinematik çalışmalar ve sedimantolojik değerlendirmelerle birlikte Neojen – Kuvaterner havzasının sedimanları incelenerek, Neotektonik dönemin başlangıcına ve bölgenin gerilme yönleri ortaya çıkarılarak KAFZ'nin yaşına ve kinematiğine ışık tutulmaya çalışılmıştır. Bu genel amaç içerisinde, KAFZ'nin bu kesimdeki geometrisi, kinematiği, sismik aktivitesi ve genel olarak tüm dinamik özellikleri ele alınmıştır. Böylelikle, KAFZ'nin günümüzde ve

önümüzdeki dönemlerde ortaya koyabileceği davranış şekilleri ve karakteri hakkında bir yaklaşımda bulunulabilecektir.

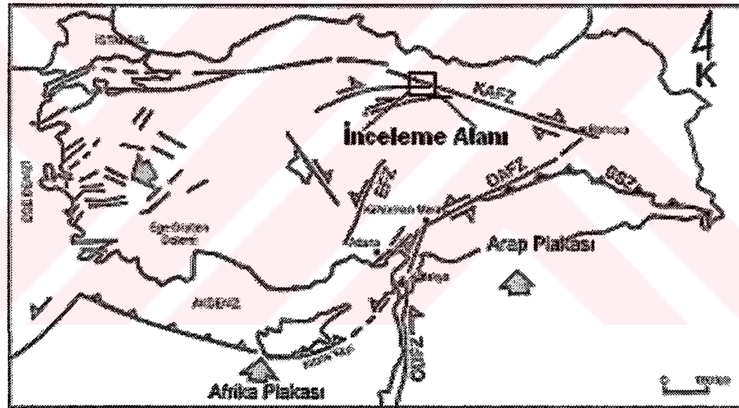
### 1.2. İnceleme Yöntemleri

Bu tez çalışması, arazi ve büro çalışmaları şeklinde iki evrede gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları başlangıçta, çalışma sahası ve yakın civarında daha önceden yapılan çalışmaların derlenmesi şeklinde olmuştur. Devamında ise yoğun bir arazi çalışması yürütülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında, KAFZ üzerinde mostra veren genç birimlerde gelişen fay düzlemlerinin ve kayma vektörlerinin durumları ölçülmüştür. Bu çalışmalar esnasında, jeolojik haritalar üzerine diri faylar haritalanmıştır. İkinci aşamada ise, bu kinematik ölçümler Carey 'in (1979) terslenme (inversion) yönteminden sonra geliştirilen bilgisayar destekli Carey-Gaillardis ve Mercier 'in (1987) terslenme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Daha sonra, 1900-2005 arasında geçen sürede bu bölgede meydana gelmiş olan ve büyüklükleri 2.0-9.9 arasında olan depremler derlenmiş (www.koeri.boun.edu.tr, www.sayisalgrafik.com.tr) ve elde edilen veriler diğer bulgularla birlikte yorumlanmıştır. Bölgenin depremselliği ve deprem riskinin belirlenmesi, aynı bölgenin aletsel ve tarihsel dönemler boyunca geçirmiş olduğu depremler ile günümüzde olası deprem riski taşıyan süreksizlik yapıları birlikte tartışılmış ve tüm bu çalışmalar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Aktif fay kuşaklarını daha iyi anlamak için, sahada yapılan arazi çalışmalarının yanı sıra, bilgisayar ortamında uydu görüntüleri üzerinde de detaylı gözlemler yapılmaktadır (Chorowicz vd., 1999; Adıyaman vd., 2001; Över vd., 2004). Bu nedenle, bu tez çalışması içerisinde ERS-2 SAR ve Landsat TM görüntülerinden veriler elde edilmiştir. Bu aşamayı oluşturan görüntü analiz işlemleriyle, arazi çalışmaları sırasında gözlenen önemli süreksizlik yapılarının görüntülerle de belirlenmesi çalışmalarına paralel olarak, bir takım zenginleştirme ve filtreleme çalışmalarıyla görsel yorumlama ve çizgisellik analizi çalışmaları yapılmıştır. Bunun yanı sıra, bölgeye ait SRTM radar görüntülerinden üç boyutlu gösterimler de hazırlanmıştır.

## 1.3. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanı, yaklaşık olarak Türkiye'nin kuzeyinde Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Amasya ilinin 40 km doğusundaki Taşova ilçesi ve civarını kapsamaktadır (Şekil 3). Bölgenin kuzeybatısında Arpaderesi Köyü yer almakta olup buradan doğuya doğru Alparslan Beldesi, Uluköy ve Umutluköy kasabaları yer almaktadır (EK 1). Çalışma alanının güney sınırı ise batıda Taşova doğuya doğru ise Evyaba, Akçaköy, Yolaçan, Çalkara, Hacıpazar ve Değirmenli yerleşim alanları ile sınırlanmaktadır. Yaklaşık olarak 256 km$^2$ lik alanı kapsayan çalışma sahası; 40° 52' 06" K - 40° 41' 30" K enlemleri ile 36° 15' 30" D - 36° 32' 30" D boylamları arasında oblik bir uzanıma sahip olup, 1/25000 ölçekli Tokat G 36 b3, b4, c1 ve c2 paftalarını içine almaktadır (EK 1).




**Şekil 3.** Türkiyenin önemli aktif faylarının görünümü ve bunun içerisinde yer alan çalışma alanının konumu (Özden vd., 2002'den değiştirilerek).

## 1.4. İnceleme Alanının Yeryüzü Biçimi

İnceleme alanı ve yakın civarında yer alan kesimin yeryüzü biçimi, bölgede yüzeyleyen kayaçların türü ve bölgede egemen olan doğrultu atımlı faylanmalarla şekillenen bir morfolojik görünüme sahiptir. Bölgedeki yükselimlerin, kuzeyden güneye doğru belirgin biçimde yerini daha alçak düzlük alanlara bıraktığı görülür. Oldukça sarplaşan bölgede yüksek ovalar da yer almakta olup doğudan batıya doğru gidildikçe tekrarlanan yükselim ve alçalım alanlarının oluşturduğu fay morfolojisi de tipiktir. Bu anlamda da bir doğrultu

atımlı faylanmanın karakteristik yapıları olan uzamış tepe ve basınç sırtları görülmektedir (Şekil 4).

Saha ve yakın civarını oluşturan önemli yükseltiler arasında, çalışma alanının en kuzeyinde Çaltepe T.(1217), Başyatak T. (463), kuzeybatıda Karga T.(384), Ayalar T. (792), kuzeydoğuda Kurtini T.(539), güneyde Belen T.(871), Kurtgirmez T. (322) bölgenin başlıca yükseltileridir (EK 1). Çalışma sahasının orta kesimini KD-GB doğrultulu olarak geçen Yeşilırmak ile bölgenin kuzeydoğusunda yer alan Destek Çayı da diğer önemli yeryüzü şekillerini oluşturur.



**Şekil 4**: İnceleme alanının kuzeyinde yer alan KAFZ'ye güneyden kuzeye bakış ve KAFZ'ye bağlı gelişen basınç sırtları ve uzamış tepeler.

## 1.5. Önceki Çalışmalar

**Ketin (1969),** KAFZ üzerinde yapmış olduğu jeolojik gözlemlerde, son 30 yılda meydana gelen yıkıcı depremler sonrasında fay zonunun sağ yönlü doğrultu atımlı özellik gösterdiğini arazi verileri ile saptamıştır. Araştırmacı ayrıca fayın tek bir kayma düzlemi olmayıp, bir çok parçadan oluşan 500-1000 m genişlikte bir

fay zonu olduğunu belirtmiş ve bu fay zonu boyunca ezilmiş parçalanmış kayaçlar, soğuk ve sıcak su kaynakları, traverten teşekkülleri, gölcükler ve yer yer genç volkan konilerinin varlığından bahsetmiştir.

**Seymen (1975),** Reşadiye-Niksar (Tokat) dolaylarında (KAFZ) üzerinde jeolojik incelemelerde bulunmuştur. Araştırmacı fay zonunu jeolojik konumunu iki ayrı ünitede incelemiştir. Bunlar sırasıyla Kelkit vadisi ve Niksar ovasının güneyinde kalan Anadolu Bloğu ve aynı bölgenin kuzeyindeki Karadeniz Bloğu'dur. Anadolu bloğu, Tokat masifinin metamorfik şist ve mermerleri ile filiş ve volkanik fasiyeste gelişmiş Eosen oluşuklarından oluşmaktadır. Karadeniz bloğunda ise en yaşlı oluşumlar Üst Kretase yaşlı kalker, filiş ve volkanik fasiyesinde gelişmiş birimlerdir. Bu birimlerin de Anadolu bloğundan farklı bir fasiyeste gelişmiş Eosen birimleri tarafından örtüldüğü rapor edilmiştir.

**Arpat ve Şaroğlu (1975),** Havza ve Taşova arasında gözlenen KAFZ'nin yer yer doğrultu atımın çok belirgin örneklerini gösterdiğini ayrıca daha doğuda, Destek ile Sepetlioba arasında da doğrultu atımlı fayların belirgin özelliklerini rapor etmişlerdir. Taşova'nın güneyinde çok sayıda genç fayların varlığından ve bunların aktif olması olasılığından bahsetmişlerdir. Taşova-Destek arasında sırtta yer alan çok sayıdaki eğim atımlı normal fayların aktif olduklarını da ileri sürmektedirler.

**Öztürk (1979),** Ladik-Destek yöresinde yaşları birbirinden farklı ve çeşitli fasiyeslerde oluşmuş kayaçların yüzeylediğini, Paleozoyik'in bölgede Permiyen yaşlı kireçtaşları ile temsil edildiğini, Liyas'ın bunlar üzerinde açılı uyumsuzlukla durduğunu, Doggerin mevcut olmadığını, Üst Jura-Alt Kretase kireçtaşlarının Liyas üzerinde açısız uyumsuzlukla yer aldığını belirtmektedir. Bölgede Üst Kretase'nin alt düzeylerinin (Senomaniyen-Türoniyen) fliş, Senoniyen kireçtaşı, Maastrihtiyende de volkanik kayaçlarla yüklü fliş fasiyesinde geliştiğini ifade etmekte ve bölgedeki kayaçların birbirleri ile olan ilişkilerine göre, Mesozoyik boyunca aşamalı bir transgresyonun varlığını ileri sürmektedir. Tersiyerde ise denizel ortamda oluşmuş volkanik Lütesiyen ve karasal Neojen oluşuklarının varlığını saptamıştır.

**Barka (1984),** Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde Çerkeş-Erbaa arasında ve yakın çevresinde yer alan beş adet Neojen-Kuvaterner havzanın stratigrafisini ve tektoniğini çalışmış, havzaların kökeni, tektonik gelişimleri ve Kuzey Anadolu Fayı ile olan ilişkilerini irdelemiştir. Havzalar içinde korele edilebilir çökelleri

Pontus Grubu olarak tanımlamış ve bu grubu Alt Pontus Formasyonu (Tortoniyen) ve Üst Pontus Formasyonu (Pliyosen-Erken Pleyistosen) olarak ikiye ayırmış ve bu birimler arasında bir açısal uyumsuzluğun (Messiniyen) varlığını saptamıştır.

**Şaroğlu (1988),** Kuzey Anadolu Fayının 1200 Km uzunluğunda, 100 m ila 10 km genişliğinde sağ yönlü doğrultu atımlı fay olduğunu belirtmiştir. Karlıova-Varto ve Yeniçağa – İsmetpaşa arasındaki bölgelerde yapmış olduğu jeolojik haritalarda Kuzey Anadolu Fayının toplam 20-25 km sağ yanal atımını Üst Miyosen-Alt Pliyosen arasında kazandığını belirtmiştir.

**Tatar ve diğ. (1990),** Niksar pull-apart baseninde yaptığı jeolojik çalışmalarda, sağ yanal bir makaslama zonunda gelişebilecek olan tektonik yapıların varlığını ortaya koymuşlar ve Niksar havzasının doğu kesiminde ikincil faylara bağlı olarak gelişmiş olan lokal tansiyonal ve pressiyonel yapıların meydana geldiğini belirtmişlerdir.

**Parlak ve Demirkol (1992),** Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde Destek – Erbaa arasındaki jeolojik ve jeomorfolojik yapıları inceleyerek dört çeşit fay seti saptamışlardır. Ayrıca yaptıkları çalışmalarda uzunlamasına gelişmiş sırtlar çöküntü gölleri, basınç sırtları, heyelanlar, alüviyal yelpazeler gibi jeomorfolojik yapıları rapor etmişlerdir.

**Şengör ve Barka (1992),** KAFZ'dan ayrılan fay kollarını baz alarak iki tip fishbone yapısı tanımlamışlardır. Birinci tip olan "wedge in wedge" fishbone yapısının, kaçan blok içine blokları sınırlayan faylardan birinin göçü ile oluştuğunu, bunun da orijinal kaçan bloğun kaçış yönünde uzamasını sağladığını ve aynı yönde kaçan ana fay boyunca atımın yükselmesine neden olduğunu, ikinci tip fishbone yapısının ise, ana faydan uzaklaşan en echelon kenarların rotasyonu ile oluştuğunu, bu durumunda kaçan ana fay boyunca atımın azalmasına ve doğrultu atım özelliği gösteren bölümünün kısalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

**Temiz ve diğ. (1993),** Niksar-Erbaa yöresinde yüzeyleyen kaya birimlerini paleotektonik, geçiş ve neotektonik dönem kaya birimleri olmak üzere üç gruba ayırarak incelemişlerdir. Bölgedeki, en eski birimleri Permo-Triyas (?) yaşlı düşük dereceli metamorfitlerin karışımı tektono-sedimanter birimlerin oluşturduğunu, bu metamorfitlerin transgresif olarak riftleşme ürünü, Alt-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanter nitelikli birim tarafından üzerlendiğini, bu biriminde dereceli olarak Üst

Jura-Alt Kretase yaşlı karbonatlara geçtiğini ve Üst Kretase –Alt Paleosen yaşlı derin denizel, kalın türbiditik bir istif tarafından açılı uyumsuzlukla üzerlendiğini belirtmektedirler.

Yöredeki Eosen yaşlı birimleri birbirlerin ile yanal ve düşey fasiyes değişimleri gösteren, volkano-sedimanter nitelikli birimler ile bazaltik volkanitlerden, geçiş dönemi kayalarının ise gölsel karbonatlar, kırıntılılar ve volkanitlerden meydana geldiğini ifade etmektedirler.

Neotektonik dönem ürünlerinin ise deformasyona uğramış Pliyosen yaşlı yamaç molozu, doğrultu atımlı faylarla sınırlı havza kenarlarında gelişmiş alüvyon yelpazeleri, eski ve yeni alüvyonlardan oluşmuş havza içi çökelleri ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanitlerden ibaret olduğunu ileri sürmektedirler.

**Tatar ve diğ. (1995),** KAFZ üzerinde yer alan Niksar overlap alanında ve yakın çevresinde yaptıkları paleomagnetik çalışmada, Geç Kretase yaşlı kırmızı kireçtaşları, fay zonunun kuzey ve güney kenarları boyunca yer alan Eosen yaşlı mafik lavlar ve Niksar pull-apart havzası içinde yer alan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardaki kıtasal deformasyonu incelemişler ve fay zonunun güney kenarı boyunca yer alan Eosen volkanitlerinde $30^0$-$40^0$ saatin tersi yönünde bir rotasyon değeri saptamışlardır.

**Bozkurt ve Koçyiğit (1996),** KAFZ' ye ait bir splay fay sistemi olan Almus Fay Zonu üzerinde yaptıkları çalışmada, bu zon üzerinde yer alan Kazova Havzasının negatif çiçek yapısı niteliğinde olduğunu ileri sürmektedirler. Havzayı sınırlayan fayların, önemli miktarda net bir açılmayı gösteren çok sayıda aktif segmentten oluştuğunu, Almus Fay Zonunun segmentleri arasındaki oblik açılmanın da Almus Fay Zonu boyunca saatin tersi yönündeki rotasyona doğal bir tepki olarak meydana geldiğini ifade etmektedirler. Pre-Pliyosen yaşlı temel kayaları üzerinde yer alan Kazova havzasının dolgusunun, Pliyo-Kuvaterner yaşlı iri taneli karasal klastikleri (Kızkayası ve Çerçi Formasyonları), Kuvaterner yaşlı kaba taneli alüvyal fan ve ince taneli ova çökellerini kapsadığını belirtmektedirler. Havzanın yaşını ise Erken Pliyosen olarak hesaplamışlardır.

**Chorowicz ve diğ. (1999),** KAFZ'nin doğu bölümü boyunca RADAR ve DEM görüntülerini kullanarak lokal tektonik durumları tanımlamışlardır. Buna göre, Kuvaterner Ladik havzasının bir releasing bend niteliğinde olduğunu, Suluova havzasının yaklaşık K $85^0$ D doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı fayların etkisiyle şekillenmiş bir pull-apart havza niteliğinde olduğunu, normal faylarla

sınırlı Kazova havzasının ise KKD doğrultulu sağ yanal bir transfer fayı üzerinde şekillendiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca KAFZ bu kesiminde Anadolu bloğunun, boyutları 50km'den daha az olan bloklardan oluştuğunu ve bunların Anadolu bloğu içindeki bir detaşman seviye ile uyumlu olduğunu belirtmektedirler.

**Barka ve diğ. (2000),** Taşova-Erbaa ve Niksar bölgelerinde yaptıkları çalışmada, Taşova-Erbaa ve Niksar havzalarının KAFZ boyunca fay zonu üzerinde yer alan pull-apart havzalar olduğunu, Taşova-Erbaa havzasındaki sedimanter litofasiyeslerin (Pliyo-Pleyistosen yaşlı Üst Pontus Formasyonu) havza içerisinde asimetrik bir dağılım gösterdiğini, havzadaki az eğimli sedimanların lokal olarak yaygın açılma fayları tarafından etkilendiğini, ayrık sıkışmalı yapıların ise ana faylarla ilişkili olduğunu ifade etmektedirler. Ayrıca ana hareket yönüne dik yöndeki ek açılma faylarından oluşan fay setinin havza içinde ikincil pull-apart havzalara eşlik ettiğini belirtmektedirler.

# 2. İNCELEME SAHASININ JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

KAFZ' nin de içinde yer aldığı Kuzey Anadolu için Neotektonik dönem, Anadolu Levhasının, Arap Levhasının oluşturduğu yitim nedeni ile batıya doğru hareketi ile başlamıştır (Ketin, 1948; McKenzie, 1972,1978; Şengör, 1979,1980,1982). Söz konusu bu tektonik rejimin yaşının Burdigaliyen – Orta Pliyosen arasında olduğu Tokay (1973, 1982), Seymen (1975) ve Şengör (1979, 1980, 1982) tarafından da ifade edilmiştir. Kuzey Anadolu'da, aktif faylarla sınırlandırılmış Neojen-Kuvaterner havzaları, yapılarında barındırdıkları gerek sedimantolojik gerekse yapısal veriler nedeni ile Neotektonik dönemin aydınlatılması için önem kazanmaktadır.

KAFZ' nin, Niksar-Destek ve Esençay segmentleri arasında yer alan Neojen-Kuvaterner yaşlı Taşova-Erbaa havzasının stratigrafisinin ortaya çıkarılması ve söz konusu bu genç birimlerin deformasyonunun çalışılması eski ve yeni tektonik rejime ait verileri yapısında bulundurması nedeni ile önemlidir (Barka, 1984).

Taşova-Erbaa havzasının batısında Taşova ve yakın civarında yapılan bu çalışmada, yukarıda değinilen nedenlerden dolayı öncelikli olarak genç birimler çalışılmış ve örtü kayaları olarak adlandırılmış, Neojen öncesi birimlere ise temel kayalar olarak değinilmiştir (EK 1 ve Şekil 5).

## 2.1. Temel Kayalar

### 2.1.1. Paleozoyik Yaşlı Birimler

**Turhal Grubu:** Bölgenin temelini Turhal Grubu metamorfitlerine ait Sakarya ve Pontid temel kayaları oluşturmaktadır. Çalışma alanında, Sakarya Birliğine ait temeli oluşturan Permiyen yaşlı kireçtaşları ile Permiyen-Triyas yaşlı şist-metabazit ve mermer birimleri, tektonik dokanakla Pontid birliği temel kayaları olan Triyas–Alt-Orta Jura yaşlı şist mermer ve metabazit birimden ayrılmaktadır.

Akdağ formasyonu: Öztürk (1979) tarafından tanımlanan birim, kireçtaşından meydana gelir. Ladik gölü ile Niksar arasında çeşitli yerlerde yüzeyleyen birim, çalışma sahasında en iyi Alparslan'ın kuzeydoğusunda izlenmektedir.

| ÜST SİSTEM | SİSTEM | | SERİ | KAT | GRUP | FORMASYON | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SENEZOYİK | KUVATERNER | | PLEYİSTOSEN | | | ALÜVYONLAR | | Alüvyal fan-nehirsel çökeller<br>Alüvyon ve taşkın çökelleri<br>Büyük alüvyal fan-nehirsel çökeller<br>Alüvyal fan ve seki çökelleri<br>Uyumsuzluk |
| SENEZOYİK | TERSİYER | NEOJEN | PLİYOSEN | | PONTUS | ÜST PONTUS | | Çakıltaşı - Kumtaşı<br>Uyumsuzluk |
| SENEZOYİK | TERSİYER | NEOJEN | MİYOSEN | TORTONİYEN | PONTUS | ALT PONTUS | | Silttaşı,Kumtaşı,çamurtaşından oluşan birim<br>Uyumsuzluk |
| TEMEL KAYALAR | | | | | | | | |

**Şekil 5.** Çalışma sahasının stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz).

Rekristalize kireçtaşı-mermer : Turhal grubu içerisinde mercek şekilli olup, yer yer blok görünümlü ve yer yer de ara katkılı olarak yüzeylemektedir. Alparslan'ın kuzeyinde bu birimi görmek mümkündür. Aynı birim Pontid birliği içerisinde de yer almakta olup Paleozoyik (?), Triyas Alt ve Orta Jura yaşındadır (EK 1).

### 2.1.2. Mesozoyik Yaşlı Birimler

**Doğdu formasyonu :** İnceleme alanı ve yakın civarında Mesozoyik, genel olarak arazide masif bir görünüm sunan, beyaz-kirli beyaz-grimsi bi renkte olup çatlaklı-kırıklı bir yapıda olan kireçtaşları ile başlamaktadır. Üst Jura-Alt Kretase yaşı verilen birimi, inceleme alanının kuzeydoğu kesimlerinde özellikle Gürsu'nun kuzeyinde görmek mümkündür (EK 1).

**Tersakan formasyonu :** İnceleme alanımızdaki önemli jeolojik birimlerden birisi de , sarımsı gri renkli, orta tabakalı, sert volkanik elemanlı kumtaşı; sarı renkli, orta kalın tabakalı, blokumsu ayrışmalı aglomera; sarımsı krem renkli, ince tabakalı tüf, tüfit; pembe renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşı ile çökelmeye paralel trakit-andezit ardalanmalarından oluşan birimdir. Albiyen-Alt Senoniyen yaşı verilmiştir. Taşova güneyinde Herizdağı (Herizbaba tepe 779 m.) yüksek kütlesi bütünüyle bu birimden oluşur.

**Artova ofiyolitli Karışığı:** Matriksi ince taneli, şarabi renkli, çatlaklı kırıklı kireçtaşı volkanitler içeren çamurtaşından oluşan ve Alt Senoniyen de üzerleyen Artova (Özcan ve diğ., 1980) ofiyolit kaya dilimli melanj Alparslanın kuzeyindeki alanlarda yüzlek vermektedir. Turhal Grubu kayaçlarını ve Doğdu formasyonuna ait kireçtaşlarını bu melanj içerinde görmek mümkündür.

### 2.1.3. Senozoyik Yaşlı Birimler

**Ladik Formasyonu :** İnceleme alanının daha çok kuzey kesimlerinde mostra veren Üst Lütesiyen veya Üst-Alt-Orta Eosen yaşlı birim , Alpaslan beldesinin 500 m. kuzeyinden başlayarak, doğuya doğru yüzlek vermektedir. Çalışma alanında genel olarak çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve marn seviyelerinden oluşur.

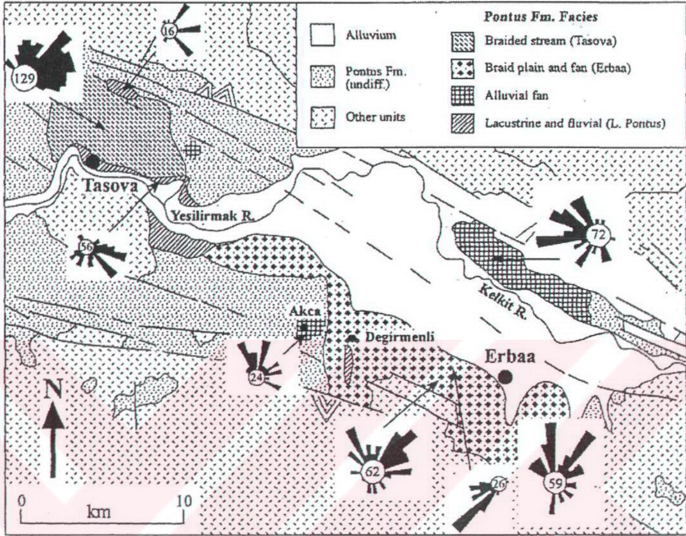
**Yumaklı formasyonu :** Birim filiş karakterli, çakıltaşı, kumtaşı, marn, şeyl, tüf, tüfit, aglomera ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşı verilen birimin Alparslanın kuzeyinden doğuya doğru geniş alanlarda yüzlek verdiği görülmektedir (EK 1).

**Yeşilce formasyonu:** Bazalt, andezit, tüf, tüfit, aglomera, kumtaşı ve silttaşı ardalanmasından oluşan birime Üst Lütesiyen - Üst Eosen yaşı verilmiştir. Çalışma alanının kuzeyinde geniş alanlarda yüzeyleyen formasyon, Üst Lütesiyen veya Üst-Alt-Orta Eosen yaşlı birim ile tedrici geçişli olarak bulunmaktadır.

## 2.2. Örtü Kayaları

KAFZ ile birlikte gelişen Taşova-Erbaa ve Niksar havzalarını oluşturan çakıllı, kumlu, killi ve siltli kırıntılılardan oluşan birimler örtü kayları olarak tanımlanmaktadır. Niksar havzası sınırından Taşova' nın batısına kadar bu birimleri görmek mümkündür. Yeşilırmak, Destek ve diğer küçük dereler tarafından oluşturulan lateral drenaj ağları ile kesilmişlerdir. Havza-Ladik ve Taşova-Erbaa Havzalarını çalışan İrlitz (1971, 1972) tarafından Pontus Formasyonu olarak adlandırılan bu birim; Alt Pontus ve Üst Pontus serileri olarak tanımlanmıştır. İrlitz (1972), Alt Pontus Formasyonunun yaşını Panoniyen olarak belirlemiş ve Erken Pliyosene karşılık geldiğini ifade etmiştir. Üst Pontus Formasyonunun yaşı ise İrlitz (1972) tarafından Geç Pliyosen-Erken-Pleyistosen olarak değerlendirilmiştir.

Barka (1981), Hancook ve Barka (1980, 1981) bu iki birim arasında bir açışal uyumsuzluk saptamış olup, KAFZ' nin yaşının saptanması için bu açısal diskordansın son derece önemli olduğuna değinmişlerdir. Barka (1984), KAFZ' deki Neojen –Kuvaterner havzalarının jeolojisi ve tektonik evrimi ile ilgili bölgede yapmış olduğu çalışmada (Şekil 6), İrlitz tarafından Alt Pontus Formasyonu için verilen Paratetis bölgesinin Pannoniyen yaşının, güncel olarak Tetyan bölgesinin Tortoniyeni'ne eşit olduğunu ve içinde yer aldığını ifade etmişlerdir. Yine aynı çalışmada, İrlitz (1972) tarafından Üst Pontus Formasyonu için verilen Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşını ise Pliyosen-Erken Pleyistosen olarak genişletmişlerdir. Şengör (1985) ve Barka ve Gülen (1989), Tortoniyen sedimanları üzerinde yapmış oldukları çalışmada Pontus Formasyonunun yaşını Geç Miyosen'e çekmiş ve Alt / Üst Pontus sınırını Miyosen / Piliyosen sınırına dayandırmıştır. Bu değerlendirmeler ışığında, Alt Pontus Formasyonu (Tortoniyen) ile Üst Pontus Formasyonu (Pleyistosen) arasında bir açısal diskordansın (Messiniyen) varlığını saptamışlardır.




**Şekil 6.** Çalışma sahasının litofasiyes haritası (Barka, 2000' den alınmıştır).

**Alt Pontus Formasyonu :** Genel olarak ince kırıntılılardan oluşan birim, marn, kum ve çakıl bileşenlerinin ardalanması ile karakterize olunan gölsel ve flüviyal fasiyesleri karakterize etmektedir. Birimin en iyi yüzlek verdiği Dereköy yakınlarında altta gölsel fasiyesin üstte ise füliviyal fasiyesin hakim olduğu görülmektedir.

Yaklaşık 1 metre kalınlığa sahip silttaşı, iyi boylanmış kumlar, küçük çakıllı konglomeralar ve çamur taşlarından oluşan bu birim, bol laminasyonlu, kalker yumrucukları ve Mollusca fosilleri içermektedir. Bölgede yaygın olarak gelişen akarsu ağları tarafından beslenen, kısa ömürlü sığ göllerde oluşan bir yapıyı andırmaktadır. Toplam kalınlığı net olarak bilinmemekle birlikte, yaklaşık olarak 200-500 metre civarında olduğu düşünülmektedir (Barka, 1984).

Yaygın deformasyon, tabaka sınırlarının gözlenememesi ve birim içerisinde gözlenen fayların karakteristiklerinin ortaya konulamaması (kırıntılılardan oluşması nedeni ile fay düzlemlerinin veri sunmaması) nedeni ile

sınırlı veri toplanmış olmasına rağmen; havza ortalarında az eğimli olan tabakaların havza kenarlarına doğru dik bir eğime sahip olduğu görülmektedir.

Mülkbükü, Dereköy dolaylarında kabaca DKD-BGB doğrultulu uzanan tabakalar K-KB-KD yönüne doğru, ortalama 30-40° eğimli iken (EK 1) havzanın daha güneyinde Yeşilırmak vadisini geçtikten sonra, Yolaçan, Çalkara, Hacıpazarı civarlarında bu tabakaların DKD-BGB doğrultusuna sahip olduğu ve GGB-GGD yönlerine doğru 15-20° bir eğim kazandıkları görülmektedir. Bu veriler Yeşilırmak vadisi boyunca ilerleyen ve eksen doğrultusu yaklaşık D-B olan bir antiklinalin varlığını ortaya koymaktadır (EK 1).

**Üst Pontus Formasyonu :** KAFZ boyunca oluşan çöküntü alanlarında ve daha ziyade füliviyal ve yer yer sığ, gölsel ortam koşullarında çökelmiş olan birim genellikle gevşek bir yapı sunmaktadır. Kumlu çakıltaşından oluşan birimin çakılları, iyi yuvarlaklaşmış, kötü boylanmış, andezit ve bazalt, çeşitli metamorfik kaya parçaları ve kireçtaşı parçalarından oluşmaktadır. Çakıllar çoğu yerde blok boyutuna kadar ulaşırlar, çakıl ve blokların sık olduğu seviyeler bazı yerlerde kum silt ağırlıklı seviyelere geçiş gösterirler. Yaklaşık olarak 100-400 metre (Barka, 1984) kalınlığa sahiptir. Sedimanter yapısı ve tabaka sınırlarının görülmüyor olması nedeni ile birim üzerinde mevcut olan fayların karakteristikleri net olarak ortaya konulamamıştır. Ancak birimin, KAFZ' nin 1943 kırığına yaklaşık paralel doğrultuya sahip ve havza içerisine eğimli, merkezden dışa doğru açılan K 40°-80° B doğrultulu ve 40°-60° GGB eğimli normal faylar tarafından kesilmiş olduğu (Şekil 7, 8,) arazi verileri ile ortaya konulmuştur.




**Şekil 7.** Alpaslan güneyinde, Destek nehri kenarında Üst Pontus Formasyonu içerisinde gelişen normal faylanmalara D-B yönünde bakış. (Fotoğraf üzerinde KAFZ' nin yaklaşık doğrultusu işlenmiştir)



**Şekil 8.** Taşova – Dereköy yolu üzerinde Üst Pontus Formasyonu içerisinde gelişen normal faylanmalar (Bakış yönü B - D).

Üst Pontus formasyonunun, genel itibari ile doğrultu atımlı faylanma ve buna eşlik eden normal faylanmalar tarafından kesildiği, morfolojik olarak doğrultu atımlı faylanmaları karakterize eden sırtlar boyunca çökeldiği görülmektedir. Masif bir görünüm sunan Üst Pontus formasyonunun ters faylar tarafından da kesildiğini de görmek mümkündür (Şekil 9). Üst Pontus formasyonunun tabakaları, havzanın kuzeyinde yer alan temel birimlerle olan dokanaklarında ve 1943 kırığına yaklaştıkça, kuzeye doğru eğim kazanmaktadır. Ayrıca söz konusu birimin gevşek bir yapıda olması ve KAFZ' nin fay setleri etkisinde kalması nedeni ile yaygın bir akma ve heyelan topoğrafyasına da sahip (Şekil 10) olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 9.** Taşova – Alpaslan karayolunda yüzlek veren Üst Pontus Formasyonu içerisinde gelişen ters faylanmalara D-B Yönünde bakış. ( Bindirme yönü K' den G' e)

**Alüvyonlar :** Alüvyonlar, inceleme alanında haritalanabilir ölçektedir ve daha çok akarsu çökelleri, taşkın düzlükleri, yamaç molozları, alüviyal yelpaze ve yer kayması çökelleri olarak gözlenmektedir. Pleyistosen-Holosen yaşlı çökeller çakıltaşı-kumtaşları üzerinde yer almaktadır. Bu Kuvaterner yaşlı oluşuklar, Alt Pleyistosen yaşlı alüvyal fan-seki çökelleri, Üst Pleyistosen-Holosen yaşlı büyük alüvyal fan-nehirsel çökelleri, yine Üst Pleyistosen-Holosen yaşlı alüvyon ve taşkın çökelleri ile alüviyal fan ve nehirsel çökellerden oluşmaktadır.



**Şekil 10.** Üst Pontus formasyonu içerisinde, KAFZ boyunca gelişen fay setlerinin neden olduğu heyelanlar (Bakış yönü K-G)

İnceleme alanının en genç birimleri olan alüvyonlar, Yeşilırmak vadisi boyunca ırmağın derelerle birleştiği yerlerde çakıl, kum, kil ve siltli bir yapıda gelişerek alüviyal fanları ve taşkın çökellerini oluşturmaktadır. Yeşilırmak ve bunlara katılan irili ufaklı tali kollar tarafından getirilen çeşitli tür ve boyutta çakıl, kum, kil ve siltler bu oluşukların asıl malzemeleridir. Alüviyal depolar içerisinde Destek deresi gibi büyük akarsuların ağız kesimlerinde yer yer bloklara da rastlanır.

Tali tektonik depresyonlarda görülen alüvyonlar toprağımsı, killi-siltli olup az çakıllı ve dolayısı ile sık dokulu bir özellik taşır. Bir örtü şeklindeki alüvyonlar daha yaşlı birimleri diskordan olarak örtmektedir. Genç faylar tarafından kat edilen alüvyonların (Şekil 11), diğer birimlerle olan sınırıda çoğunlukla faylıdır.



**Şekil 11.** Gemibükü - Uluköy yolu üzerinde Alüvyonlar içerisinde gelişen normal fayların görünümü (Bakış yönü B - D).

## 3. FAY TOPLULUKLARININ KİNEMATİK ANALİZİ

Bu tez çalışması kapsamında, KAFZ'nin Taşova civarındaki uzanımı üzerinde yüzlek veren fay topluluklarının kinematik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; 27 istasyondan, 246 adet fay düzlemi ölçülerek Carey' in (1979) sayısal analiz yöntemiyle hesaplanmıştır. Değişik yaş ve litolojide yeralan jeolojik birimlerden derlenen faylardan özellikle genç döneme ait olanların varlığı sayesinde, bu bölgede KAFZ'nin günümüzdeki ya da son tektonik rejim içerisindeki kinematik durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

### 3.1 Yöntem

Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntem ilk defa Carey (1979) tarafından belirlenen ve daha sonra bazı yazarlar tarafından geliştirilen bilgisayar destekli bir sayısal analiz yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması açısından bazı temel koşullar ve kriterler vardır.

Tektonik deformasyonun geliştiği birçok bölgede, bu deformasyonun ürünü olan kırık sistemleri de iyi gelişmiş olarak gözlenebilmektedir. Bununla birlikte kaya türü ve mostra koşulları uygun olduğu taktirde hareketin özelliklerini yansıtan veriler fay düzlemi üzerinde korunabilmektedir. Bu tür verilerin saha içerisinde birçok farklı lokasyonda ölçülmesiyle, hem fay sistemlerinin geometrisi ortaya konmakta, hem de geniş bir alanda deformasyonun ana karakterleri belirlenebilmektedir. Bu veriler, üst kırılgan kabukta tektonik fazlar sırasındaki gerilme durumuyla yapısal deformasyon ilişkisinin belirlenmesini sağlamaktadır (Carey-Guailhardis & Mercier, 1987).

Bir faya ait mostranın gözlendiği yerde, fayın doğrultu ve eğimi, kayma vektörü (pitch), fayın hareket yönü ile fayın türü belirlenebilir. Özellikle fayın hareket yönünün belirlenebilmesi kinematik analiz açısından büyük önem taşımaktadır. Bunlar, kırıkların oluşturdukları fay takımlarının geometrik ve kinematik karakterlerinin belirlenmesi için ilk verileri oluşturacaktır.

Tüm kırıklar, diğer süreksizliklerle ilişkilerinden sadece geometrik olarak (arakesitler, gerilmeler) değil, bununla birlikte aynı fay düzlemi üzerinde gelişen ve birbirini üzerleyen diğer kayma vektörleri sayesinde tektonik rejime ait

(kronolojik) bu farklı tektonik fazların ayırt edilmesinde de önemli rol oynamaktadır. Arazi çalışmaları sırasında bir bölgedeki tektonik rejim ve deformasyon hakkında uygun sonuçlara ulaşabilmek için çok sayıda verinin elde edilmesi gerekir. Bununla birlikte verilerin yerleştirilmesi, analizi ve sınıflandırılması da ayrı bir önem taşımaktadır.

Fayların geometrisi de diğer düzlemsel ve çizgisel veriler gibi klasik streografik izdüşüm ile gösterilir. Tektonik analizlerde Wulf veya Schmidt' in eş alanlı alt yarım küre projeksiyonu kullanılmaktadır. Bu diyagramlarda, fay düzlemleri ve üzerinde yer alan kayma çizgileri yardımıyla hareket yönlerinin gösterilmesi olasıdır. Hareketin yönleri düzleme ait doğrultu çizgisi ve eğim yayı üzerinde çizilen oklarla (pitch) gösterilir. Genellikle bu küçük okların içe doğru olanları ters, dışa doğru olanları normal hareketleri ve/veya bunların bileşenlerini ifade etmektedir (Angelier ve Mercier, 1977).

Çalışma sahasından elde edilen fayların, Carey' in (1979) yöntemiyle ortaya çıkarılan sonuçları bu bölümde değerlendirilecektir. Fay topluluklarının ölçüldüğü istasyonlara ait lokasyonlar Tablo 1 de verilmiştir. Bu verilerin değerlendirilmesi sonucuna göre bölgede günümüzde etkin olan tektonik rejim, doğrultu atımlı faylanmayı vermektedir.

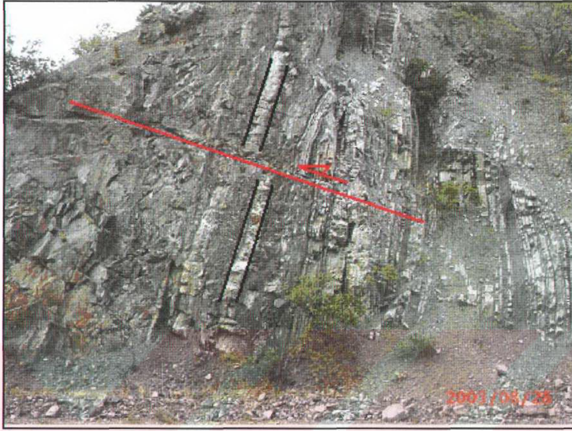
### 3.1.1 KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi altında gelişen ters faylanmalar

Ölçüm istasyonlardan 7 ve 8 nolu istasyonlardaki veriler (Tablo 2a) Carey' in (1979) sayısal analiz yöntemleriyle değerlendirilmiş fakat verilerin azlığı nedeniyle bu istasyonlara ait kinematik değerlendirmeler hesaplanmamıştır. Ancak bu veriler, en büyük asal gerilme eksenine ($\sigma_1$) karşılık KB-GD doğrultusu ve ortaç asal gerilme eksenine ($\sigma_2$) karşılık KD-GB doğrultusu ve en küçük asal gerilme ekseninin ($\sigma_3$) merkezde olduğu ters faylanma durumunu vermektedir (Şekil 12 ve 13). Bu veriler, çalışma sahasındaki KAFZ'nin oluşumu ile birlikte gelişen tektonik rejimin KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi altında gelişen bir rejimin başlangıç aşamasını temsil ettiğini düşündürmektedir.

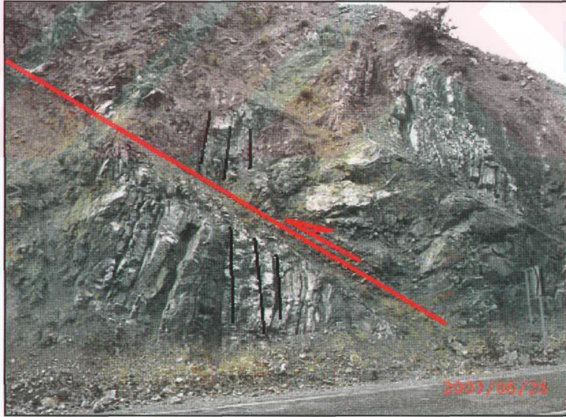
**Tablo 1.** Çalışma sahasında yüzeyleyen fay düzlemlerinin ya da fay topluluklarının ölçüldüğü istasyonların kordinatları

| İstasyon | Enlem(N) | Boylam(E) |
|---|---|---|
| 1 | 40° 50′ 16″ | 36° 15′ 42″ |
| 2 | 40° 49′ 47″ | 36° 16′ 06″ |
| 3 | 40° 49′ 51″ | 36° 16′ 25″ |
| 4 | 40° 50′ 00″ | 36° 16′ 42″ |
| 5 | 40° 49′ 50″ | 36° 16′ 43″ |
| 6 | 40° 49′ 16″ | 36° 17′ 04″ |
| 7 | 40° 48′ 56″ | 36° 18′ 47″ |
| 8 | 40° 48′ 52″ | 36° 18′ 58″ |
| 9 | 40° 48′ 42″ | 36° 20′ 55″ |
| 10 | 40° 48′ 38″ | 36° 21′ 03″ |
| 11 | 40° 48′ 37″ | 36° 21′ 37″ |
| 12 | 40° 48′ 42″ | 36° 22′ 04″ |
| 13 | 40° 48′ 33″ | 36° 22′ 14″ |
| 14 | 40° 48′ 18″ | 36° 22′ 44″ |
| 15 | 40° 48′ 10″ | 36° 22′ 57″ |
| 16 | 40° 48′ 03″ | 36° 24′ 08″ |
| 17 | 40° 47′ 56″ | 36° 24′ 26″ |
| 18 | 40° 47′ 40″ | 36° 24′ 35″ |
| 19 | 40° 47′ 51″ | 36° 24′ 51″ |
| 20 | 40° 47′ 41″ | 36° 25′ 04″ |
| 21 | 40° 47′ 37″ | 36° 25′ 17″ |
| 22 | 40° 47′ 37″ | 36° 25′ 28″ |
| 23 | 40° 47′ 33″ | 36° 25′ 52″ |
| 24 | 40° 46′ 41″ | 36° 28′ 10″ |
| 25 | 40° 46′ 35″ | 36° 28′ 37″ |
| 26 | 40° 46′ 16″ | 36° 36′ 00″ |
| 27 | 40° 46′ 23″ | 36° 18′ 51″ |

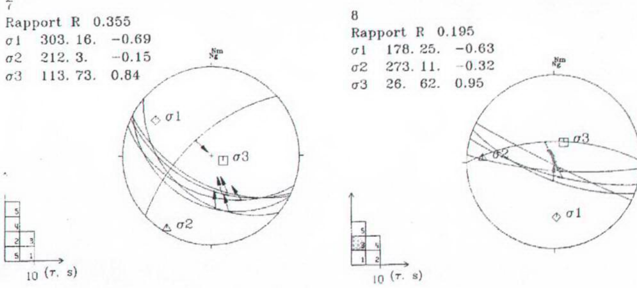
Ayrıca bu veriler, Anadolu'nun Neotektonik dönemdeki yapılarından birisi olan KAFZ'nin Taşova civarındaki sağ yanal doğrultu atımlı deformasyonunun hemen öncesinde yeralan kıvrımlanma ve bindirme faylanması aşamasında gerçekleşmiş olabileceğini ya da onlarla uyumlu bir rejimi yansıttıklarını göstermektedir (Şekil 14).




**Şekil 12.** Taşova –Amasya yolu üzerinde temel birimlerde gözlenen ters faylar (K'den G'e)




**Şekil 13.** Taşova –Amasya yolu üzerinde temel birimlerde gözlenen ters faylar (G'den K'e)

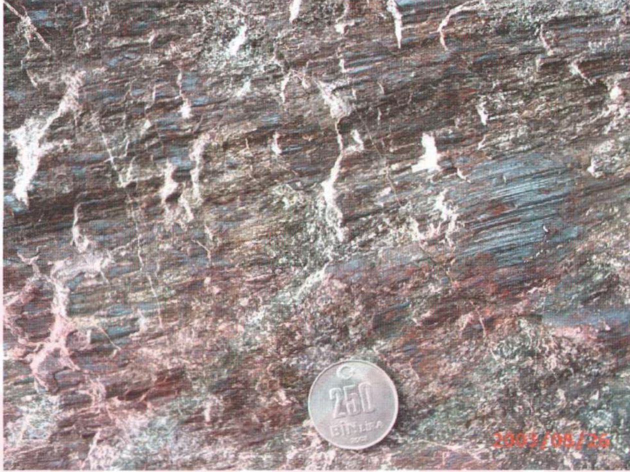



**Şekil 14.** Tablo 2a'da verilen KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi altında gelişen ters faylanmalara ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarımküre (Wulf) üzerinde (öngörülen kayma vektörü (τ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir) görülmektedir.

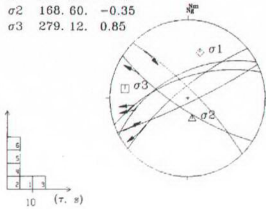
### 3.1.2 KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi altında gelişen doğrultu atımlı faylanmalar

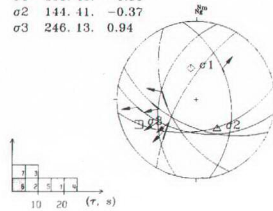
Birleştirilmiş istasyonlar 11 ve 12 bunun yanı sıra tek başına değerlendirilmiş olan istasyonlardan 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26 ve 27 deki doğrultu atımlı fay atım verilerine göre (Tablo 2b) göre en büyük asal gerilme ekseninin ($\sigma_1$) durumu $\sigma_1$= 138 ± 11° / 3°, en küçük asal gerilme ekseninin ($\sigma_3$) durumu $\sigma_3$= 63 ± 13° / 4° olarak hesaplanmıştır. Burada en büyük asal gerilme ekseni ($\sigma_1$) ve en küçük asal gerilme ekseninin ($\sigma_3$) yatay konumda, ortaç gerilme ekseni ise ($\sigma_2$) düşey konumda olduğu doğrultu atımlı faylanmayla karşımıza çıkan bir tektonik rejimdir (Şekil 15). Rm oranı 0.45 olarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki veriler sonucunda, bu bölgedeki sıkışma doğrultusu ($\sigma_1$) yönünde olup, K 42° B' dır. Buna karşın açılma doğrultusu ($\sigma_3$) yönünde olup, K 63° D dur. Bu da bize çalışma sahasındaki KAFZ'nin oluşumu ile birlikte gelişen ve ters faylanmayı takip eden doğrultu atımlı tektonik rejimin KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi altında gelişen ters ve normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faylanma nitelikte olduğunu göstermektedir (Şekil 16). Bu çalışmada, aynı fay düzlemi üzerinde birbirlerini üzerleyen faylar bulunmadığı ve kronolojik açıdan veriler eksik olduğu için ters faylanmadan doğrultu atımlı

faylanmaya kadar olan doğrultu atımlı faylanma içerisindeki rejim değişiklikleri ayırtlanmamıştır.

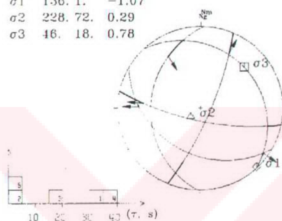


**Şekil 15.** Uluköy ve civarında yüzeyleyen Üst Lütesiyen-Üst Eosen yaşlı Yeşilce Formasyonu içerisinde sağ yanal hareketi gösterir fay düzlemleri.

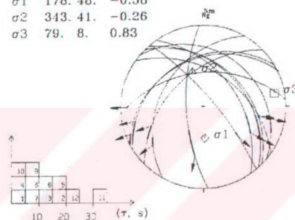


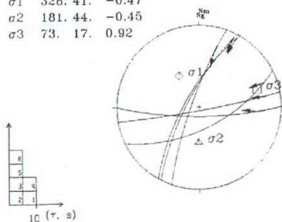
3
Rapport R 0.736
σ1 136. 1. −1.07
σ2 228. 72. 0.29
σ3 46. 18. 0.78



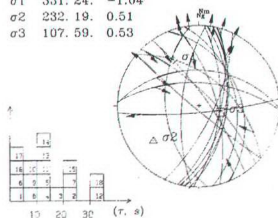

4
Rapport R 0.226
σ1 178. 48. −0.58
σ2 343. 41. −0.26
σ3 79. 8. 0.83



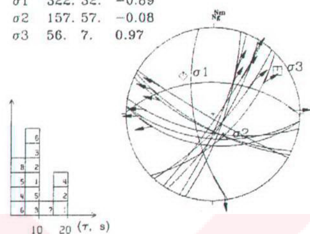

5
Rapport R 0.009
σ1 328. 41. −0.47
σ2 181. 44. −0.45
σ3 73. 17. 0.92



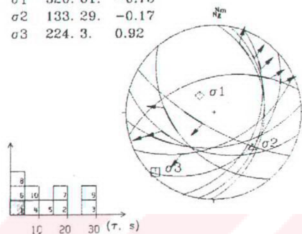

9
Rapport R 0.986
σ1 331. 24. −1.04
σ2 232. 19. 0.51
σ3 107. 59. 0.53



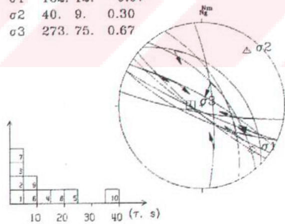
1112
Rapport R 0.433
σ1 322. 32. −0.89
σ2 157. 57. −0.08
σ3 56. 7. 0.97



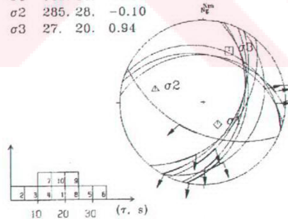

13
Rapport R 0.351
σ1 320. 61. −0.75
σ2 133. 29. −0.17
σ3 224. 3. 0.92



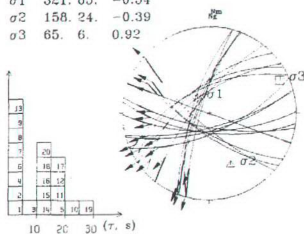

14
Rapport R 0.776
σ1 132. 12. −0.97
σ2 40. 9. 0.30
σ3 273. 75. 0.67



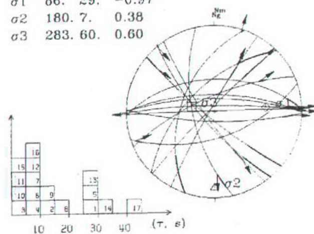

15
Rapport R 0.416
σ1 148. 54. −0.84
σ2 285. 28. −0.10
σ3 27. 20. 0.94



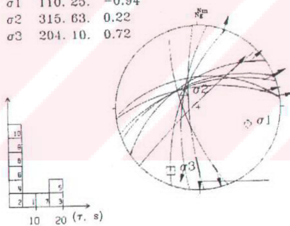
18
Rapport R 0.104
σ1 321. 65. −0.54
σ2 158. 24. −0.39
σ3 65. 6. 0.92



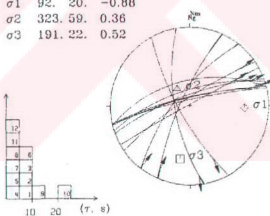

19
Rapport R 0.858
σ1 86. 29. −0.97
σ2 180. 7. 0.38
σ3 283. 60. 0.60



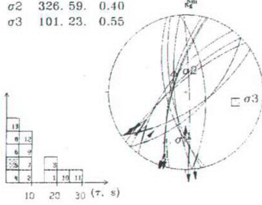

20
Rapport R 0.701
σ1 110. 25. −0.94
σ2 315. 63. 0.22
σ3 204. 10. 0.72



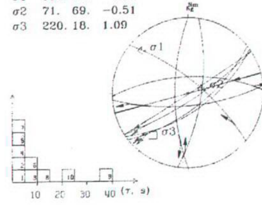

21
Rapport R 0.880
σ1 92. 20. −0.88
σ2 323. 59. 0.36
σ3 191. 22. 0.52



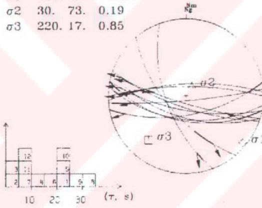
22
Rapport R 0.903
σ1 200. 20. −0.95
σ2 326. 59. 0.40
σ3 101. 23. 0.55



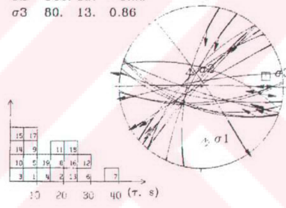
24
Rapport R 0.037
σ1 313. 10. −0.57
σ2 71. 69. −0.51
σ3 220. 18. 1.09



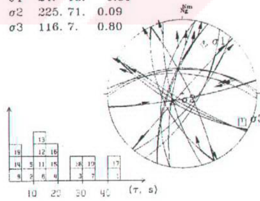
25
Rapport R 0.652
σ1 129. 3. −1.04
σ2 30. 73. 0.19
σ3 220. 17. 0.85



26
Rapport R 0.064
σ1 176. 22. −0.47
σ2 322. 65. −0.39
σ3 80. 13. 0.86



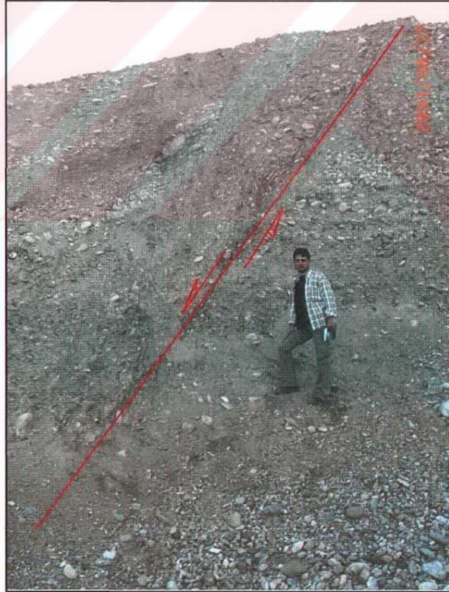
27
Rapport R 0.579
σ1 24. 18. −0.89
σ2 225. 71. 0.09
σ3 116. 7. 0.80



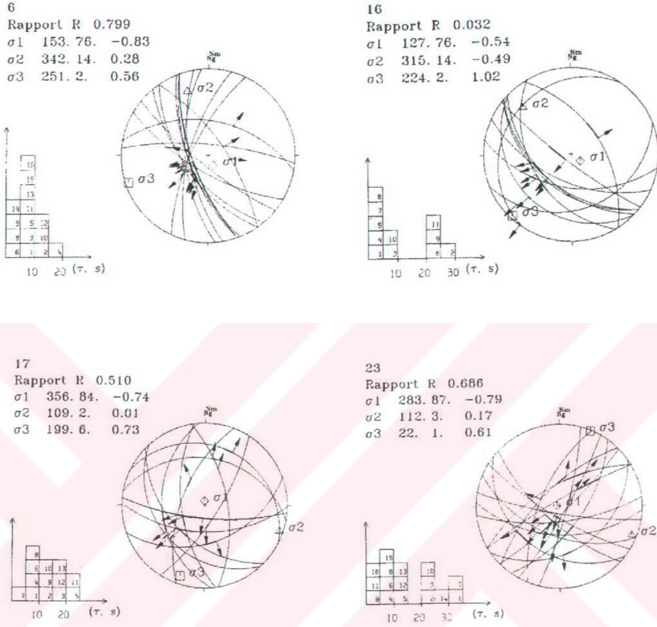
**Şekil 16.** Tablo 2 b'de verilen lokasyonlarda gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu, doğrultu atımlı gerilme rejimine ait kinematik analiz sonuçları eşit açılı alt yarımküre (Wulf) üzerinde (öngörülen kayma vektörü (τ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir) görülmektedir.

### 3.1.3 KD-GB doğrultulu yersel açılma rejimi altında gelişen normal faylanmalar

6, 13, 16, 17 ve 23 nolu istasyonlardaki verilere (Şekil 17, Tablo 2c) göre, en büyük asal gerilme ekseninin ($\sigma_1$) durumu $\sigma_1$= 136 ± 6° / 6°, en küçük asal gerilme ekseninin ($\sigma_3$) durumu $\sigma_3$= 220 ± 8° / 6°olarak hesaplanmıştır. Burada en büyük asal gerilme ekseni ($\sigma_1$) düşey konumda, ortaç gerilme ekseni ($\sigma_2$) ve en küçük asal gerilme ekseninin ($\sigma_3$) yatay konumda olduğu normal faylanmalar olarak karşımıza çıkan bir açılma rejimidir. Rm oranı 0.47 olarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki veriler sonucunda, bu bölgedeki açılma doğrultusu ($\sigma_3$) yönünde olup, K 40° D' dir (Şekil 18). Bu verilerin değerlendirilmesi sonucunda, bu bölgedeki açılma doğrultusu, ($\sigma_3$) yönünde olup, KD-GB doğrultuludur. Bu normal faylanmalar, çalışma sahasındaki KAFZ'nin oluşumu ile birlikte gelişen doğrultu atımlı faylanmaları temsil eden tektonik rejimle uyumlu (aynı açılma doğrultusuna sahip) ve onun içerisinde kalan bir açılma rejimini düşündürmektedir.



**Şekil 17.** Üst Pontus formasyonu içerisinde gözlenen normal fay düzlemleri (Bakış yönü B – D )




**Şekil 18.** Tablo 2c'de verilen normal faylanma rejimine ait lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarımküre (Wulf) üzerinde (öngörülen kayma vektörü (τ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir) görülmektedir.

**Tablo 2**. Çalışma sahasından derlenen fay topluluklarının Carey (1979)'in sayısal analiz yöntemi ile değerlendirilmesi sonucu hesaplanan asal gerilme eksenlerinin [($\sigma_1$), ($\sigma_2$), ($\sigma_3$)] durumları, R oranı, Ölçü sayısı (N), fay ölçüm istasyonları, ortalama (M.D.) ve standart sapma (S.D.) değerleri, (a) ters faylanmalara (b) doğrultu atımlı faylanmaya ve (c) normal faylanmaya ait verilerin dağılımını göstermektedir.

(a)

| İstasyonlar | N | $\sigma_1$ Azimut / Dalım | $\sigma_2$ Azimut/ Dalım | $\sigma_3$ Azimut/ Dalım | R | M.D. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 303 / 16 | 212 / 3 | 113 / 73 | 0.35 | 11.0 | 13.9 |
| 8 | 5 | 178 / 25 | 273 / 11 | 26 / 62 | 0.19 | 17.0 | 21.1 |

(b)

| İstasyonlar | N | $\sigma_1$ Azimut / Dalım | $\sigma_2$ Azimut/ Dalım | $\sigma_3$ Azimut/ Dalım | R | M.D. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 15 / 27 | 168 / 60 | 279 / 12 | 0.11 | 17.6 | 22.8 |
| 2 | 7 | 350 / 45 | 144 / 41 | 246 / 13 | 0.12 | 13.5 | 16.7 |
| 3 | 5 | 136 / 1 | 228 / 72 | 46 / 18 | 0.73 | 11.0 | 13.9 |
| 4 | 12 | 178 / 48 | 343 / 41 | 79 / 8 | 0.22 | 17.0 | 21.1 |
| 5 | 6 | 328 / 41 | 181 / 44 | 73 / 17 | 0.01 | 8.21 | 10.1 |
| 9 | 18 | 331 / 24 | 232 / 19 | 107 / 59 | 0.98 | 12.1 | 13.7 |
| 10 | 15 | 112 / 52 | 319 / 35 | 220 / 13 | 0.07 | 14.1 | 13.8 |
| 11&12 | 14 | 322 / 32 | 157 / 57 | 56 / 7 | 0.43 | 11.6 | 13.7 |
| 14 | 10 | 132 / 12 | 40 / 9 | 273 / 75 | 0.77 | 12.1 | 15.1 |
| 15 | 10 | 148 / 54 | 285 / 28 | 27 / 20 | 0.41 | 9.9 | 11.4 |
| 18 | 20 | 321 / 65 | 158 / 24 | 65 / 6 | 0.10 | 4.8 | 5.5 |
| 19 | 17 | 86 / 29 | 180 / 7 | 283 / 60 | 0.85 | 9.6 | 12.7 |
| 20 | 10 | 110 / 25 | 315 / 63 | 204 / 10 | 0.70 | 12.1 | 15.0 |
| 21 | 12 | 92 / 20 | 323 / 59 | 191 / 22 | 0.88 | 13.1 | 14.2 |
| 22 | 13 | 200 / 20 | 326 / 59 | 101 / 123 | 0.90 | 14.1 | 15.3 |
| 24 | 10 | 313 / 10 | 71 / 69 | 220 / 18 | 0.03 | 10.9 | 13.5 |
| 25 | 12 | 129 / 3 | 30 / 73 | 220 / 17 | 0.65 | 13.5 | 16.3 |
| 26 | 19 | 176 / 22 | 322 / 65 | 80 / 13 | 0.06 | 12.2 | 14.4 |
| 27 | 19 | 24 / 18 | 225 / 71 | 116 / 7 | 0.57 | 12.1 | 15.4 |

$\sigma_1$= **138 ± 11° / 3°** $\sigma_3$= **63 ± 13° / 4°** **Rm=0.45**

(c)

| İstasyonlar | N | $\sigma_1$ Azimut / Dalım | $\sigma_2$ Azimut/ Dalım | $\sigma_3$ Azimut/ Dalım | R | M.D. | S.D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 16 | 153 / 76 | 342 / 14 | 251 / 2 | 0.79 | 6.9 | 8.6 |
| 13 | 10 | 320 / 61 | 133 / 29 | 224 / 3 | 0.35 | 6.6 | 8.7 |
| 16 | 11 | 127 / 76 | 315 / 14 | 224 / 2 | 0.03 | 6.9 | 8.6 |
| 17 | 13 | 356 / 84 | 109 / 2 | 199 / 6 | 0.51 | 6.6 | 8.7 |
| 23 | 16 | 283 / 87 | 112 / 3 | 22 / 1 | 0.68 | 6.9 | 8.6 |

$\sigma_1$= **136 ± 6° / 6°** $\sigma_3$= **220 ± 8° / 6°** **Rm=0.47**

Yapılan kinematik değerlendirmeler sonucunda bölgenin etkin gerilme yönleri ve deformasyon yapıları Şekil 19 'de gösterilmiştir.

| Yaş | Tektonik Faz | Bölgesel Gerilme Durumları | Deformasyon | |
|---|---|---|---|---|
| Pliyosen - Güncel | Doğrultu Atımlı Faylanma ve Buna Eşlik Eden Normal Faylanma | $\sigma_3$ KD, KAF, 110°, GB, $\sigma_1$<br>2<br>KAF, 110°, $\sigma_3$, $\sigma_1$ | | **KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi altında gelişen sağ yanal doğrultu atımlı faylanmalar ile bu faylanmanın kontrolünde ve aynı rejim içerisinde gelişen normal faylanmalar** |
| Miyosen | Ters Faylanma | 1<br>KAF, 110° | Sıkışma | KB-GD doğrultulu sıkışma gerilmesi altında gelişen ters faylanmalar |

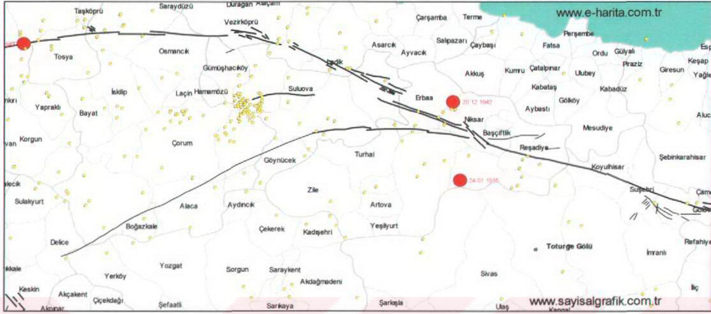
**Şekil 19.** Çalışma sahasından elde edilen bölgesel gerilme durumlarının toplu olarak gösterimi

# 4. ÇALIŞMA SAHASININ DEPREMSELLİĞİ

## 4.1. Aletsel dönemde kaydedilen depremler ve parametreleri

Taşova (Amasya) civarında, 01.01.1900-26.09.2005 tarihleri arasında meydana gelen depremlerin, çalışma sahası ve civarındaki dağılımları ile bu depremlere ait parametreler aşağıda tablolar ve şekiller halinde verilmiştir. Sırasıyla büyüklükleri, küçükten büyüğe doğru olmak üzere, bu çalışma kapsamında seçilen depremlere ait veriler, etkileşimli Türkiye Deprem Sitesi'nden (http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem) yararlanılarak derlenmiştir. Bu depremlere ait verilere ulaşırken Kandilli Kayıtları ve USGS verileri esas alınmıştır. Ayrıca, Amasya ve civarında (KAFZ'nun orta segmentlerinin geçiş kesimini kapsayan bir alanda), 1900 ve sonrası yıllarda meydana gelmiş, büyüklükleri 2.0 ile 9.9 arasında olan tüm depremlerin dağılımları Şekil 20 'de topluca verilmiştir.

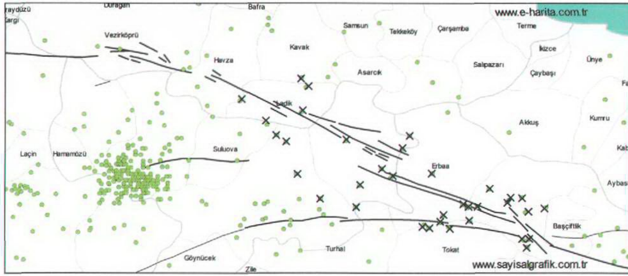
**Şekil 20.** Amasya ve civarında, 1900 ve sonrası yıllarda meydana gelmiş, büyüklükleri 2.0 ile 9.9 arasında olan tüm depremlerin dağılımları (Şekilde kullanılan simgelerin büyüklükleri depremlerin büyüklükleri ile doğru orantılı olarak gösterilmiştir. Kırmızı yuvarlak simgeler M>6,9 olan büyük depremleri, bordo renkli simgeler büyüklükleri 6.0 ile 6.9 arasında olan depremleri, pembe renkli simgeler büyüklükleri 5.0 ile 5.9 arasında olan depremleri, koyu yeşil simgeler büyüklükleri 4 ile 4.9 arasında olan depremleri, açık yeşil simgeler büyüklükleri 3 ile 3.9 arasında olan depremleri, sarı simgeler ise büyüklükleri 3'den küçük olan depremleri göstermektedir).




**Şekil 21.** 1900 ve sonrasında Taşova ve civarında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 2 ile 2.9 arasında olan depremlerin dağılımları (Kırmızı büyük yuvarlak simge büyük depremleri, küçük sarı simgeler ise büyüklüğü 3'den küçük olan depremleri göstermekte olup, çalışma sahası ve yakın civarında seçilen depremler "X" ile gösterilmektedir).

**Tablo 3.** Çalışma sahası ve yakın civarında seçilen (Şekil 21), büyüklükleri 2 ile 2.9 arasında olan depremlere ait parametreler.

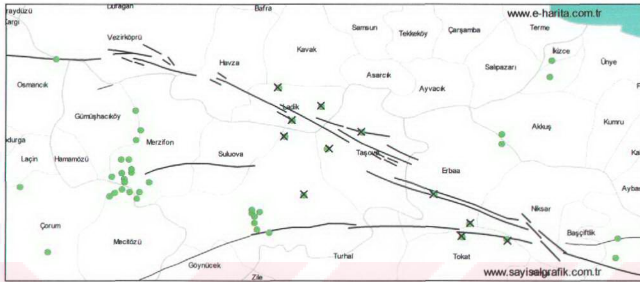
| Tarih | Saat (GMT) | Enlem | Boylam | Derinlik (km) | Büyüklük |
|---|---|---|---|---|---|
| 21.12.2003 | 23:38 | 40.57 | 36.74 | 8 | 2.5 |
| 26.11.2003 | 15:06 | 40.65 | 36.55 | 4 | 2.8 |
| 14.10.2003 | 03:39 | 40.90 | 36.04 | 18 | 2.7 |
| 26.08.2003 | 07:32 | 40.54 | 36.50 | 7 | 2.7 |
| 20.03.1999 | 22:28 | 40.66 | 36.79 | 6 | 2.9 |
| 17.03.1999 | 23:04 | 40.57 | 36.52 | 0 | 2.9 |
| 17.03.1999 | 08:19 | 40.62 | 36.70 | 0 | 2.6 |
| 16.12.1997 | 07:10 | 40.64 | 36.73 | 11 | 2.8 |
| 15.12.1997 | 15:29 | 40.58 | 36.74 | 2 | 2.9 |
| 11.12.1997 | 17:58 | 40.82 | 36.32 | 5 | 2.8 |
| 23.10.1997 | 09:43 | 40.89 | 35.92 | 17 | 2.9 |
| 14.08.1996 | 22:43 | 40.58 | 36.38 | 5 | 2.9 |




**Şekil 22.** 1900 ve sonrasında Taşova ve civarında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 3 ile 3.9 arasında olan depremlerin dağılımları (Yeşil simgeler büyüklüğü 4'den küçük olan depremleri göstermekte olup, çalışma sahası ve yakın civarında seçilen depremler "X" simgesi ile gösterilmektedir).

**Tablo 4.** Çalışma sahası ve yakın civarında seçilen (Şekil 22), büyüklükleri 3 ile 3.9 arasında olan depremlere ait parametreler.

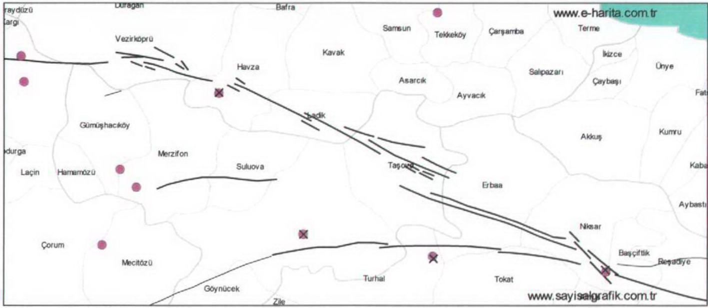
| Tarih | Saat (GMT) | Enlem | Boylam | Derinlik (km) | Büyüklük |
|---|---|---|---|---|---|
| 06.08.2004 | 00:20 | 40.57 | 36.60 | 5 | 3.6 |
| 22.03.2004 | 21:30 | 40.57 | 36.94 | 5 | 3.1 |
| 27.02.2004 | 22:46 | 40.94 | 35.77 | 5 | 3.2 |
| 05.12.2003 | 22:47 | 40.55 | 36.59 | 12 | 3.0 |
| 30.07.2003 | 01:01 | 40.87 | 35.88 | 5 | 3.8 |
| 13.12.2002 | 05:08 | 40.62 | 36.93 | 5 | 3.5 |
| 19.11.2002 | 12:01 | 40.46 | 36.94 | 5 | 3.0 |
| 19.07.2002 | 23:22 | 40.48 | 36.92 | 3 | 3.3 |
| 10.02.2001 | 07:08 | 40.70 | 36.56 | 10 | 3.7 |
| 31.01.2001 | 05:46 | 40.82 | 36.47 | 5 | 3.7 |
| 31.01.2001 | 03:45 | 40.72 | 36.35 | 6 | 3.4 |
| 29.02.2000 | 13:30 | 40.81 | 35.96 | 1 | 3.4 |
| 10.08.1999 | 11:20 | 40.98 | 36.05 | 4 | 3.1 |
| 06.07.1999 | 08:40 | 40.90 | 36.03 | 0 | 3.0 |
| 05.01.1998 | 20:26 | 40.59 | 36.74 | 1 | 3.3 |
| 23.11.1997 | 01:51 | 40.59 | 36.70 | 0 | 3.3 |
| 31.03.1997 | 09:31 | 41.01 | 36.03 | 2 | 3.0 |
| 28.01.1997 | 17:26 | 40.63 | 36.10 | 8 | 3.2 |
| 12.11.1996 | 14:03 | 40.67 | 36.26 | 0 | 3.0 |
| 10.03.1996 | 01:35 | 40.61 | 36.87 | 0 | 3.4 |




**Şekil 23.** 1900 ve sonrasında Taşova ve civarında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 4 ile 4,9 arasında olan depremlerin dağılımları (çalışma sahası ve yakın civarında seçilen depremler "X" simgesi ile gösterilmektedir).

**Tablo 5.** Çalışma sahası ve yakın civarında seçilen (Şekil 23), büyüklükleri 4 ile 4.9 arasında olan depremlere ait parametreler.

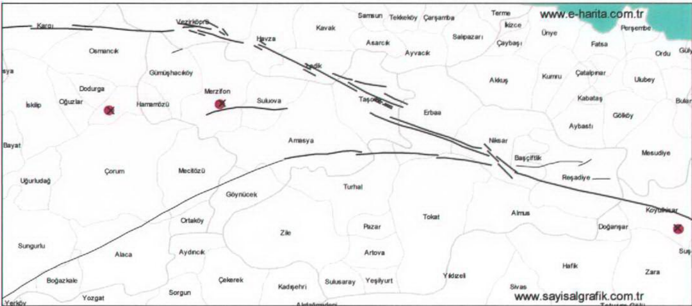
| Tarih | Saat (GMT) | Enlem | Boylam | Derinlik (km) | Büyüklük |
|---|---|---|---|---|---|
| 29.08.2005 | 22:33 | 40.51 | 36.81 | 5 | 4.2 |
| 03.02.2004 | 11:50 | 40.65 | 36.52 | 5 | 4.0 |
| 03.05.2001 | 06:10 | 40.56 | 36.66 | 5 | 4.1 |
| 29.07.1996 | 22:04 | 40.85 | 36.24 | 5 | 4.0 |
| 03.06.1993 | 07:46 | 40.89 | 35.96 | 10 | 4.3 |
| 12.05.1992 | 23:38 | 40.84 | 35.93 | 10 | 4.5 |
| 06.04.1984 | 22:13 | 40.52 | 36.63 | 13 | 4.1 |
| 07.12.1981 | 21:17 | 40.66 | 36.00 | 10 | 4.5 |
| 15.07.1975 | 21:59 | 40.93 | 36.08 | 18 | 4.7 |
| 10.07.1970 | 13:29 | 40.99 | 35.91 | 37 | 4.5 |
| 01.04.1962 | 01:39 | 40.80 | 36.10 | 10 | 4.7 |




**Şekil 24.** 1900 ve sonrasında Taşova ve civarında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 5 ile 5.9 arasında olan depremlerin dağılımları (pembe renkli simgeler büyüklüğü 6'den küçük olan depremleri göstermekte olup, çalışma sahası ve yakın civarında seçilen depremler "X" simgesi ile gösterilmektedir).

**Tablo 6.** Çalışma sahası ve yakın civarında seçilen (Şekil 24), büyüklükleri 5 ile 5.9 arasında olan depremlere ait parametreler.

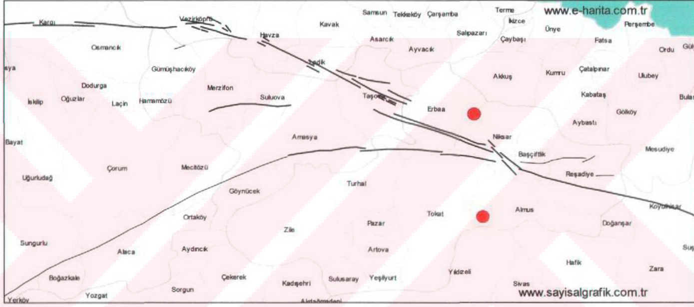
| Tarih | Saat (GMT) | Enlem | Boylam | Derinlik (km) | Büyüklük |
|---|---|---|---|---|---|
| 03.03.1997 | 16:00 | 40.53 | 36.37 | 0 | 5.0 |
| 07.12.1943 | 01:19 | 41.00 | 35.60 | 0 | 5.6 |
| 28.12.1939 | 03:25 | 40.47 | 37.00 | 40 | 5.5 |
| 21.06.1908 | 03:55 | 40.60 | 35.90 | 0 | 5.2 |




**Şekil 25.** 1900 ve sonrasında Taşova ve civarında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 6 ile 6.9 arasında olan depremlerin dağılımları.

**Tablo 7.** Çalışma sahası ve yakın civarında seçilen (Şekil 25), büyüklükleri 6 ile 6.9 arasında olan depremlere ait parametreler.

| Tarih | Saat (GMT) | Enlem | Boylam | Derinlik (km) | Büyüklük |
|---|---|---|---|---|---|
| 08.03.1997 | 23:01 | 40.78 | 35.44 | 5 | 6.0 |
| 11.12.1942 | 02:39 | 40.76 | 34.83 | 40 | 6.1 |
| 18.05.1929 | 06:37 | 40.20 | 37.90 | 10 | 6.1 |




**Şekil 26.** 1900 ve sonrasında Taşova ve civarında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 7 ile 7.9 arasında olan depremlerin dağılımları.

**Tablo 8.** Çalışma sahası ve yakın civarında seçilen (Şekil 26), büyüklükleri 7 ile 7.9 arasında olan depremlere ait parametreler.

| Tarih | Saat (GMT) | Enlem | Boylam | Derinlik (km) | Büyüklük |
|---|---|---|---|---|---|
| 20.12.1942 | 14:03 | 40.70 | 36.80 | 16 | 7.0 |
| 24.01.1916 | 06:55 | 40.27 | 36.83 | 10 | 7.1 |

Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde, inceleme alanında (Taşova-Amasya) Aletsel dönemde kaydedilen depremler yukarıdaki tablolarda görülmektedir. Aletsel dönemde meydana gelen deprem büyüklüklerini gösteren tablolar birlikte değerlendirildiğinde, büyüklüğü 3.0 - 4.0 arasında bulunan depremlerin periyodik bir devamlılık gösterdiği ve her yıl en az 3 kez tekrarlandığı dikkat çekmektedir.

**Tablo 9.** Taşova (Amasya) ve yakın civarında bilinen önemli tarihsel depremler (Erdem,1999 ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Kayıtlarından alınmıştır).

| **Amasya ve civarında meydana gelen önemli depremler** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Kaynak** | **Tarih** | **Saat** | **Enlem** | **Boylam** | **Şiddet** | **Büyüklük** | **Yer** |
| * | M.Ö. 330-23 | | 40.60 | 37.00 | | | Niksar |
| ** | 127 | | 40.60 | 37.00 | IX | | Niksar, Ladik, Suşehri |
| * | 330 | | | | | | Niksar |
| * | 335 | | 40.60 | 36.90 | VIII | | Niksar |
| * | 343 | | 40.60 | 36.90 | VI | | Niksar |
| * | 499 | | 40.40 | 37.60 | VIII | | Niksar, Suşehri |
| * | 503 | | 40.60 | 36.90 | VI | | Niksar |
| * | 528 | | 40.65 | 35.85 | VII | | Amasya |
| ** | 03.09.968 | | 41.15 | 34.75 | IX | | Kastamonu,Çorum, Amasya |
| * | 1415 | | 40.65 | 35.85 | VI | | Amasya |
| ** | 1458 | | 39.75 | 40.40 | X | | Erzincan, Erzurum |
| ** | 1482 | | 39.75 | 39.50 | IX | | Erzincan, Erzurum |
| * | 04.04.1543 | | | | | | Tokat |
| ** | 1598 | | 40.40 | 35.40 | IX | | Amasya, Çorum |
| * | 1668 | | 40.73 | 31.60 | VIII | | Bolu,Kastamonu, Amasya |
| * | 1826/1827 | | 40.70 | 36.60 | VII | | Tokat-Erbaa |
| ** | 18.5.1929 | | | | VIII | | Suşehri |
| ** | 20.12.1942 | 14.03 | 40.70 | 36.80 | IX | 7.0 | Erbaa |
| ** | 27.11.1943 | 22.20 | 41.05 | 33.72 | IX-X | 7.2 | Ladik |
| Kaynaklar: | | | | | | | |
| * | | | | Erdem, K., 1999 | | | |
| ** | | | | Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi | | | |

## 5. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ

Son yıllarda yapılan jeolojik araştırmalarda kullanılan tekniklerden birisini uzaktan algılama verilerinin kullanımı ve bu görüntülerin işlenmesi oluşturmaktadır.

Uzaktan algılamayı, yeryüzünden belirli bir yükseklikte, uzaya yerleştirilen uydularla veya uçaklara monte edilebilen ölçüm aletleriyle, yeryüzündeki doğal ve yapay objeler hakkında bilgi toplayan ve değerlendirebilen bir teknik olarak tanımlayabiliriz (Sesören, 1999). Algılama işlemi, objelerle fiziksel bir temasa geçilmeden, elektromanyetik dalgaların yeryüzüne gönderilmesi ve bu dalgaların geri yansımalarının değerlendirilmesiyle oluşur. Uzaktan algılamanın yansıma ve yayılma özellikleri değişik tipteki algılayıcılar tarafından ölçülerek aktif ve pasif sistemler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Pasif sistemler, veri toplayabilmek için gerekli enerjiyi dış bir enerji kaynağından (Güneş) alırlar aktif sistemlerde bu enerjiyi kendileri üretirler.

Uzaktan algılamada kullanılan elektromanyetik spektrumun 1mm-1m dalga boyları arasında kalan mikrodalga bölgesi, çoğunlukla yüzey, yüzey örtüsü özelliklerine karşı duyarlıdır. Mikrodalgalar yeryüzünden doğal olarak yayıldığı gibi, yapay olarak da üretilebilirler. Yapay olarak üretilen bu radyasyonu kullan istemlere aktif sistemler denir. RADAR (Radio Detection And Ranging) olarak bilinen bu sistemler, ilk olarak II. Dünya Savaşı sırasında kullanılmıştır. Radar dalga boyları, savaş sırasında güvenliği sağlayabilmek için (X), (L) ve (S) gibi harflerle gösterilmiş olup, bu günde olduğu gibi kullanılmaktadır (Şekil 27 ). Bu tez çalışması kapsamında ise aktif sistemlere dahil olan ve jeolojik çalışmalarda da çoğunlukla tercih edilen, C dalga boyundaki Radar görüntüleri kullanılmıştır (Tablo 10).

1- Jeolojik yapıların haritalanması: Jeolojik yapılar kendilerine has şekillere sahiptirler. Eğer bu yapılar Dünya yüzeyine yakın konumlanmış olurlarsa, radarın bakış yönü tarafından aydınlatılırlar. Çoğu kez gökyüzünden bakıldığında ağaçlık bir alanın altındaki topografya ancak radarla fark edilebilir.

2- Yüzeyleyen temel kayanın jeolojik haritalanması: Fiziksel hava koşullarına bağlı olarak, yüzeydeki temel kaya kırılabilir ve kayaç yapısının, dokusunun ve mineral bileşiminin bir fonksiyonu olarak karakteristik kırık boyutlarını oluşturabilir. Farklı kaya tipleri, kendilerine özgü yüzey pürüzlülüğü ile farklı tiplerde bozunmalara uğrayabilir. Bu farklılıklar da radar görüntüleri üzerinde, geri yansımalardaki zıtlık yardımıyla ayırt edilebilir.

**5.1. Materyal ve metod:**

Bu tez çalışmasında kullanılan radar görüntüleri, TUBİTAK 103Y021 nolu proje kapsamında, Avrupa Uzay Ajansı'nın AOTR.2449 No lu projesi aracılığıyla sağlanmıştır. Tezin bu kısmında, ER Mapper Version 6.4, BEST (Basic Envisat – and ERS- SAR Toolbox- Version 4.0 , Microdem V.8.0 ve ENVI Version .4.0 görüntü işleme programları kullanılmıştır. Bu çalışmada radar görüntülerinin tercih edilmesinin ilk nedeni, özellikle arazinin tektonik özellikleri hakkında (fay, kıvrım ekseni, ve kırık ve çatlak sistemleri gibi) diğer yöntemlere göre daha fazla bilgi içermesidir. Radarın bu özelliğinden dolayı, inceleme alanında yaklaşık K 70° B doğrultulu olarak geçen KAFZ' nun Taşova-Erbaa civarına ait ERS-2 SAR görüntüsüne uygulanan görüntü işlemleri konu edinilmiştir. Bilindiği gibi radar, atmosferik koşullara bağımlı olmayıp, gece veya gündüz, bulutlu veya bulutsuz her türlü hava koşullarında bitki örtüsüne bağlı kalmadan kullanılabilmektedir. Bu nedenle, Taşova-Erbaa civarında yer alan tez sahası, kısmen ormanlık bir alan içerisinde ve bulutluluk oranının nispeten yüksek olduğu bir yerde bulunmasından dolayı radar görüntüleri kullanılmıştır.

Bu çalışma da kullanılan ERS-2 SAR görüntülerin genel özellikleri Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 11.** ERS-2 SAR görüntüsünün genel özellikleri

| | |
|---|---|
| ***Adı*** | ERS-2, Faal |
| **Çözümleme** | 12,5 m |
| **Zamansal çözümleme** | 35 gün |
| **Kaplama genişliği** | 100 x 100 km |
| **Sensörleri** | SAR Image Mode, SAR Wave Mode, Wind Scatterometer, Radar Altimeter, Along Track Scanning Radiometer-2 ve ilaveten Global Ozone Monitoring Experiment |
| **Kullanım alanları** | Bulut üstünden dünya yüzeyinin haritası, fiziksel okyanus özellikleri ve hava durumu, kutup bölgeleri buz paternleri haritası, modelleme için veri tabanı bilgisi ve satıhtaki yüksekliklerde meydana gelen değişiklikler, atmosferin kimyasal yapısı ve sayısal yükseklik modeli (DEM) |
| **Bandları** | C (3,9-6,2 GHZ) Dalga Uzunluğu: 3,8-7,6 cm |

Bu tez çalışmasında kullanılan bir diğer uydu veri setini ise Landsat-TM görüntüsü oluşturmaktadır (Tablo 12). Landsat TM algılayıcısı, çok bantlı tarayıcı (MSS) sisteminden farklı olarak bir çizgi-tarama sistemini içerir ve elektromanyetik spektrumun 7 farklı spektral bandından algılama yapar. Bu bantlardan 2, 4 ve 7 bantları jeolojik uygulamalar için oldukça önemlidir (Drury, 2000) (Şekil 28).

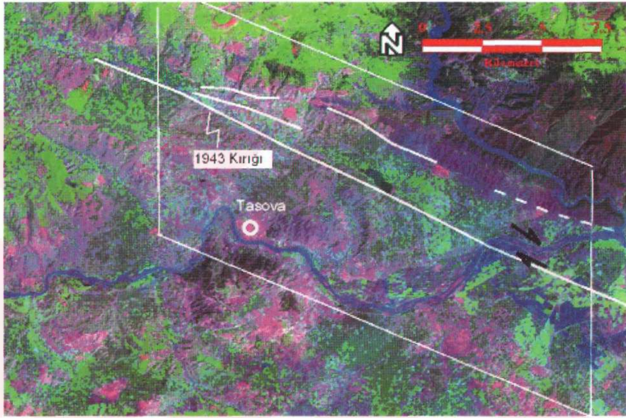
Bu çalışmadaki görüntü işlemlerinden yersel zenginleştirme işlemleri uygulanırken, çalışma sahasından geçen KAFZ' nun doğrultusu - K 70° B - göz önüne alınarak, bölgedeki yapısal unsurları en net olarak açığa çıkarabilecek ışıklandırma yönü KD-GB olarak seçilmiştir. Yapısal unsurları en iyi şekilde açığa çıkarabilmek için, bölgede etkin olan sıkıştırma yönüne paralel aydınlatma seçilmiştir.

Işık yönünün seçiminde, yönü kadar ışığın doğru yükseklikten verilmesi de önemlidir. Sarp bir araziden alınan görüntüleri işlerken daha düşük kotlardan ışıklandırma yapmak yapısal unsurların daha iyi belirlenmesini sağlamaktadır. Bu amaçla yaklaşık 35°-40°' lik ışıklandırma açıları seçilmiştir.

Taşova-Erbaa civarındaki bu tez çalışmasında da, bütün bu görüntü işleme aşamaları kullanılarak jeolojik yorumlama açısından en iyi görüntü elde edilmeye çalışılmıştır.

**Tablo 12.** Çalışma kapsamında kullanılan Landsat TM ve ERS-2 SAR görüntülerinin genel özellikleri

| Veriler | | Tarih | Path/Row | Format | Koordinatlar | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Sol üst | Sağ alt |
| Landsat TM | WGS84, NUTM 36 | 11/09/1987 | 178-32 | | 41:17.23 94N 36:14.3 28E | 39:20.56 82N 36: 32.08 96E |
| ERS-2 | WGS84 NUTM 36 | 07/03/2004 | 46160 0807 | ERS.SAR. GEC | | |



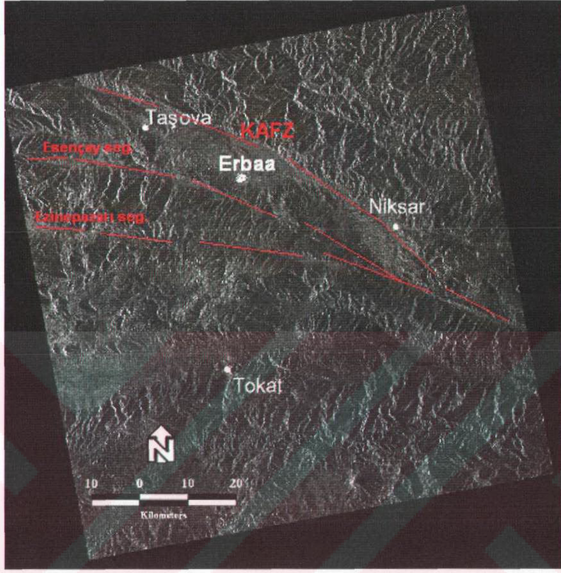

**Şekil 28.** İnceleme alanını nın Landsat TM 742 (RGB) görüntüsü

## 5.2. Görüntü işleme

ERS-2 SAR görüntüleri, sırasıyla görsel yorumlama, parazitlerin ortadan kaldırılması, kenar zenginleştirme, doku analizi, ERS-2 SAR ve Landsat TM görüntülerinden yapay görüntüler elde edilmesi ve SRTM-3 verilerinden 3 boyutlu görüntü (anaglyph) oluşturulması işlemleriyle incelenmiştir.

### 5.2.1. Görsel yorumlama

İnceleme alanını içine alan ERS-2 SAR görüntüsü çıplak gözle incelendiğinde göze çarpan en belirgin jeolojik yapıyı, görüntünün orta-üst kesiminde yaklaşık olarak K 70° B doğrultusunda uzanan Taşova-Erbaa civarında izlenen Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) oluşturur. Yaklaşık 100 $km^2$




**Şekil 29.** İnceleme alanını da içine alan 7 Şubat 2004 tarihli ERS-2 SAR (Orbit:46160, Frame:0807) görüntüsü

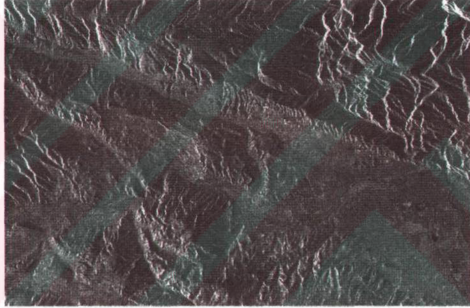
Bu çalışmada uygulanan Frost filtresinin görüntüye uygulandığında verdiği sonuç yorumlanmıştır. Bu amaçla, inceleme alanını içine alan SAR görüntüsü ile filtrelenmiş görüntüler Şekil 30 de verilmiştir.

Şekilden de izlenebileceği gibi, radar uydularından alınan veriler, filtrelemeler ile daha da zenginleşmekte ve görsel yorumlamaya katkıda bulunmaktadır. Şekil 30 (A) da uydudan alınan ve işlem geçirilmemiş kontrastı düşük görüntü, kontrastı arttırılmış ve filtrelenmiş diğer iki görüntüden Şekil 30 (B) ve Şekil 30 (C) çok açık bir şekilde daha düşük bilgi içerdiği gözlenmektedir. En belirgin jeolojik yapı olan KAFZ' nu, ana görüntü dışında filtrelenmiş her iki görüntü üzerinde de izlemek mümkündür. Görüntünün GD kesiminde Erbaa havzasının batı kesimi düzlük alanlarla temsil edilmektedir.

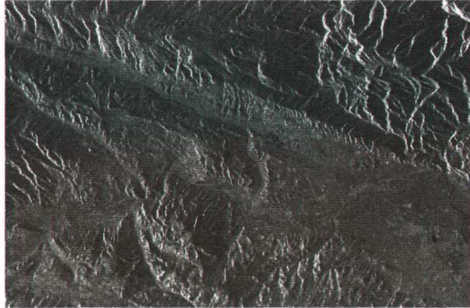
A)



B)



C)



**Şekil 30.** İnceleme alanının işlenmemiş görünümü (A). Kontrast uzanımı (B) ve parazitlerin ortadan kaldırılmasına yönelik Frost filtrelerinin (C) görünümü

Fay zonuna paralel olarak KB ve GB' da gözlenen çizgiselliklerden, kuzeydekilerin daha yüksek kesimleri oluşturduğu daha açık renkli geri yansıma değerleri ile görüntülerde izlenebilmektedir.

Kontrastı arttırılmış ve filtrelenmiş iki görüntü arasındaki en büyük fark filtrelemeden dolayı ileri gelmektedir. Her iki görüntünün KD ve GD kesimlerine doğru gözlenen yükseklik artışları açık renklerle kendini belli etmektedir.

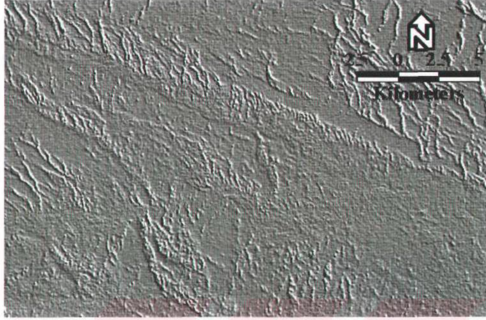
### 5.2.3. Kenar belirleme –edge detection-

Radar görüntülerinin işlenmesi aşamalarından birisini de kenar belirleme –edge detection- çalışmaları oluşturur. Bu kısımda görüntüye kenar belirleme analizi kapsamında yönsel filtreleme zenginleştirmesi uygulanmıştır. KAFZ'nun bölgedeki genel gidişine dik yön olarak seçilen KD-GB yönlü bir aydınlatma ve 40°' lik yatayla yapılan açı değeri alınarak ortaya çıkarılan kenar belirleme zenginleştirmesi Şekil 31' de gözlenmektedir. Diğer filtreleme uygulamalarından farklı olarak ortaya çıkan sonuçları, Şekil 31 (C) de ve doğrultu atımlı bir fay çifti gözlenen diğer jeolojik yapılarla deneştirilebilir.

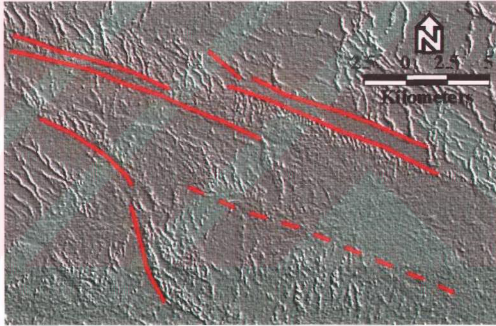
Yönsel filtreleme uygulaması sonucunda fay zonunun güneyinde bulunan yer üstü drenaj ağı sistemlerinin K 70° B doğrultulu fay zonu tarafından kesildiği çok açık bir şekilde izlenmektedir.

İnceleme alanında kuzeyde 1943 kırığı ve güneyde ise Esençay kırıklarını ve onlara paralel ana krırık zonları Şekil 31 (B)' de açıkça gözlenmektedir.

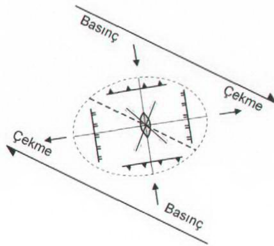
A)




B)




C)

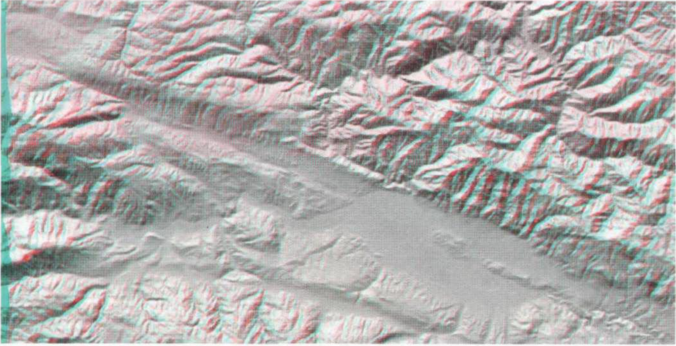



**Şekil 31.** Kenar belirleme zenginleştirmesinden (A) elde edilen jeolojik çizgisellikler (B)sağ yönlü bir doğrultu atımlı fay çifti arasında gelişen yapılar (C).

### 5.2.4. SRTM-3 verilerinden elde edilen 3 boyutlu görüntüler (anaglyph)

Uzay Mekiği Colombia'nın, tüm yeryüzünün gerçeğe yakın topoğrafik görünümünün ortaya çıkarılması amacıyla 2000 yılında gerçekleştirdiği 11 günlük çalışma (Shuttle Radar Topography Misson-SRTM) sonucunda elde edilen sayısal arazi modelleri (Digital Elevation Model-DEM), bu çalışmada inceleme alanının 3 boyutlu olarak izlenmesi ve morfolojik açıdan değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

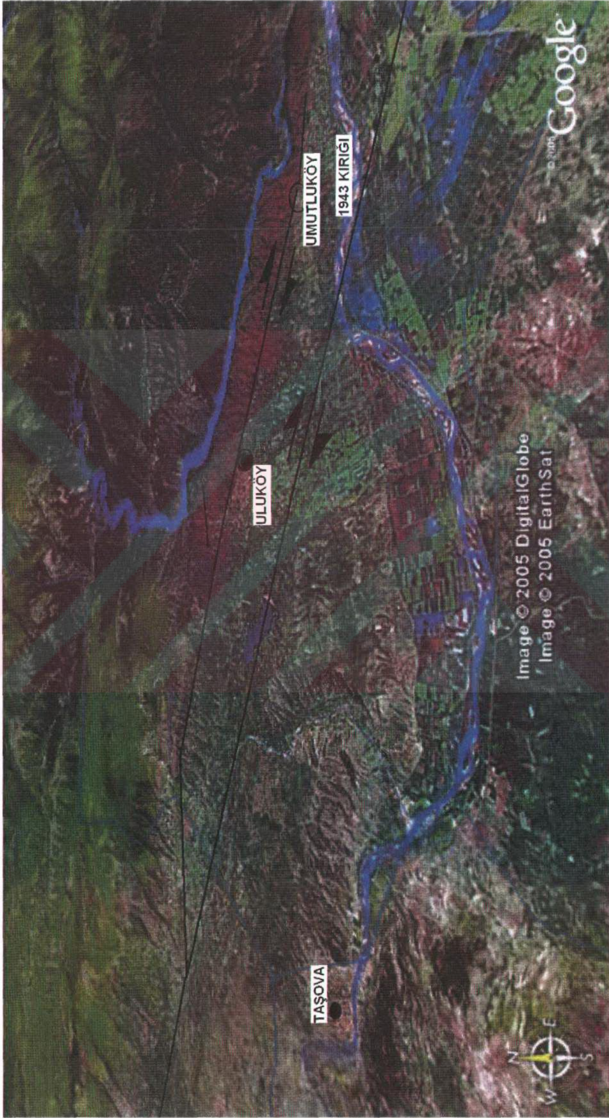
İnceleme alanına ait, 90 m grid aralıklı SRTM-3 verisi -N40E036 -, ilk olarak Microdem V.8 programı yardımıyla mozaiklenmiş ve problemli kısımları oratadan kaldırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Daha sonra KD' dan aydınlatma verilerek bölgeye ait gölgelendirilmiş rölyef haritası –shaded relief map- çıkarılmıştır. Bu harita, daha sonra 3 boyutun gözlenebildiği anaglyph modunda tekrar bir işlemden geçirilerek Şekil 32 'deki görünüm sağlanmıştır. Bu görüntünün 3 boyutlu olarak gözlenebilmesi için sol gözü kırmızı sağ gözü ise yeşil veya mavi gösteren özel gözlüklerin kullanılması gerekmektedir.



**Şekil 32.** İnceleme alanını da içine alan SRTM-3 verilerinden elde edilen 3 boyutlu görüntü (anaglyph). 3-boyutlu görme için özel gözlük gerekmektedir.

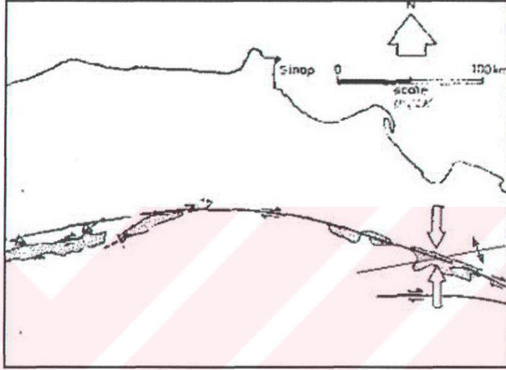
Söz konusu şekle 3 boyutlu gözlükle bakıldığında yükselti ve düzlük kesimlerin rahatlıkla izlenebildiği görülebilir. Bu özellik bölgedeki olası çizgiselliklerin görülebilmesi için de bizlere önemli bir kolaylık sağlar. 3 boyutlu bakılmasa da şekilde Erbaa-Taşova havzası, Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun düzlük kesimlerini temsil etmektedir. Ayrıca www.google.com adresinden alınan ve bölgenin jeolojik unsurlarını yansıtan uydu fotoğrafı Şekil 33' de gösterilmiştir.






**Şekil 33**. Çalışma bölgesinin www.google.com adresinden alınan uydu fotoğrafı

oluşan yüzey kırığını, Destek nehri içerisinde güncel çökellerin kapatmış olması nedeni ile tespit etmek mümkün olmamıştır. Yakın civarda da bunlara paralel irili ufaklı bir çok fay görmek mümkündür.




**Şekil 34.** K-G yönlü sıkışmaların etkisi altında kalan bölgede gelişen kıvrım eksenlerinin görünümü (Barka, 1984 'den değiştirilerek)

Kinematik analizler sonucunda elde edilen ve ters faylanmayı gösteren veriler ise, Anadolu'nun Neotektonik dönemdeki yapılarından birisi olan KAFZ'nin Taşova civarındaki sağ yanal doğrultu atımlı deformasyonunun hemen öncesinde yer alan kıvrımlanma ve bindirme faylanması aşamasında gerçekleşmiş olabileceğini ya da KAFZ ile birlikte gelişen bir rejimi yansıttıklarını göstermektedir. Ayrıca Üst Pontus Formasyonu içerisinde gözlenen ters faylanmalar da bölgenin halen aynı yönlü bir sıkışama etkisi altında olduğunu ya da söz konusu ters fayların doğrultu atımlı KAFZ'nin ters bileşeni olabileceğini ortaya koymaktadır.

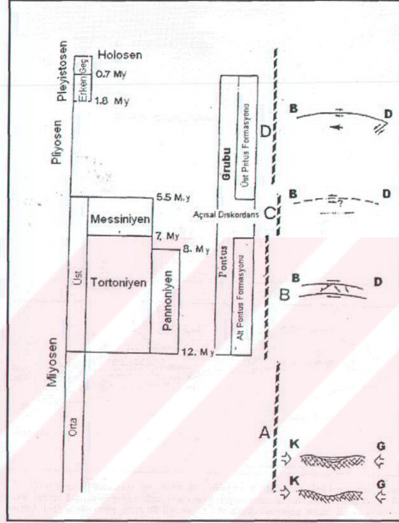
KAFZ'nin orta ve doğu kesimi üzerinde daha önce yapılan kinematik çalışmalarda (Över, 1996; Bellier vd., 1997; Özden, 2002), KAFZ'nin gelişiminin transpresyonel (ters bileşenli doğrultu atımlı rejim) karakterde başlayıp, transtansiyonel (normal bileşenli doğrultu atımlı rejim) bir karaktere dönüştüğü, bu rejimin günümüzde etkin olduğu ve bu rejimin başlangıcında bir ters faylamanın varlığı da vurgulanmaktadır. Bu zamansal ve mekansal değişimin,

Anadolu bloğunun, GB'ya doğru Ege ve Akdeniz'deki yitim levhası üzerine hareketi sırasında, levha kenarlarındaki duraysızlık (levhaların birbirleri üzerine oluşturdukları çekme-itme etkileri) ile birlikte asal gerilme eksenlerindeki artış ve/veya azalıştan kaynaklanmış olduğu bilinmektedir (Bellier, vd., 1997).

Doğrultu atımlı faylanmayı veren kinematik çalışmalara göre bu bölgedeki sıkışma doğrultusu ($\sigma_1$) yönünde olup, K 42° B' dır. Buna karşın açılma doğrultusu ($\sigma_3$) yönünde olup, K 63° D dur. KAFZ'nin oluşum ile birlikte gelişen ve ters faylanmayı takip eden doğrultu atımlı tektonik rejimin KB-GD doğrultulu sıkışma rejimi altında gelişen ters ve normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı faylanma nitelikte olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, aynı fay düzlemi üzerinde birbirlerini üzerleyen faylar bulunmadığı ve kronolojik açıdan veriler eksik olduğu için ters faylanmadan doğrultu atımlı faylanmaya kadar olan rejim değişiklikleri ayırtlanmamıştır. Bu veriler, Anadolu'nun Neotektonik dönemdeki yapılarından birisi olan KAFZ'nin Taşova civarındaki sağ yanal doğrultu atımlı deformasyonunu açıklamaktadır.

Şekil 35 de, bölgenin Tortoniyen sonlarına kadar süren bir sıkışma rejimi altında kaldığı açıklanmıştır. KAFZ' nin kayma zonu olarak Tortoniyen sonlarında (Messiniyen' de), oluşmaya başladığını ve bugünkü sağ yanal kırığın Pliyosenin hemen başında oluşmuş ve Kuzey Anadolu' da Neotektonik dönemin de bu zaman aralığında başladığına dikkat çekilmiştir (Barka, 2000). Taşova havzasında yapmış olduğumuz çalışmada, Alt ve Üst Pontus formasyonlarının sedimantolojik değerlendirmeleri sonucunda, Alt Pontus formasyonunun, Üst Pontus formasyonuna göre daha fazla deformasyona uğramış olduğu; bu nedenle bu iki formasyon arasında açısal bir diskordansın olduğu Barka (1984, 1992, 2000) destekler şekilde arazide gözlemlenmiştir. Ayrıca, Alt Pontus formasyonunun sedimantolojik özellikleri nedeni ile ters faylanmaya ait çok sayıda ölçüm yapılamamış olsa da; sedimantolojik, yapısal ve kinematik veriler bölgenin, KAFZ' nin oluşumdan önceki dönemde K-G yönlü bir sıkışma rejimi altında kaldığını; doğrultu atımlı faylanmanın Alt ve Üst Pontus formasyonları arasındaki açısal diskordansın (Messiniyen) geliştiği dönemde şekillenerek, Pliyosen başlarında KAFZ' nin sağ yanal doğrultu atımlı ana kırığının gelişmiş olabileceği sonucunu ortaya koymuştur. Bu sonucu destekler en iyi veriler, Üst Pontus formasyonun daha az deforme olması, deformasyonun fay zonuna

yaklaştıkça artıyor olması ve Üst Pontus formasyonunun morfolojik olarak doğrultu atımlı faylanmayı veren bölgelerde çökelmiş olmasıdır.

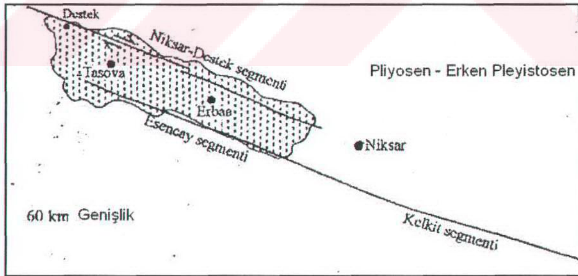



**Şekil 35.** Çalışma bölgesinin Orta Miyosenden itibaren maruz kaldığı tektonik rejimler (A: K-G yönlü sıkışma etkisinde gelişen deformasyon yapıları, B: KAFZ' de makaslama zonunun başlaması, C: Messiniyen'de açısal uyumsuzluk, D: KAFZ' nin sağ yanal kırığının oluşması) (Barka, 2000)

Özellikle Üst Pontus formasyonu içerisinde gözlenen ve havza içlerine doğru gelişen normal faylanmalar ise yine KAFZ' ye bağlı olarak gelişmektedir. Söz konusu bölgeye ait kinematik veriler en büyük asal gerilme ekseni ($\sigma_1$) düşey konumda, ortaç gerilme ekseni ($\sigma_2$) ve en küçük asal gerilme ekseninin ($\sigma_3$) yatay konumda olduğu normal faylanmalar olarak karşımıza çıkan bir açılma rejimini vermektedir. Yukarıdaki veriler sonucunda, bu bölgedeki açılma doğrultusu ($\sigma_3$) yönünde olup, K 40° D' dir. Bu veriler, Anadolu'nun Neotektonik dönemdeki yapılarından birisi olan KAFZ' nin, Taşova civarındaki sağ yanal doğrultu atımlı deformasyonu içerisinde değerlendirilen ve onunla aynı yönlü bir

açılma rejimini açıklamaktadır. Bu verilerin değerlendirilmesi sonucunda, bu bölgedeki açılma doğrultusu, ($\sigma_3$) yönünde olup, KD-GB doğrultuludur. Bölgesel anlamda bu tektonik faz, KAFZ'nin günümüzdeki geometrisini içerisinde bir çöküntü alanı görünümünde olan Taşova-Erbaa havzasının, yine günümüzde aktif normal bileşenli doğrultu atımlı ve normal faylarla sınırlı olup şekillenen Esençay segmenti ile Niksar-Destek segmenti (1942 yüzey kırığı) arasında gelişen sağa sıçramalı aktif bir pull-apart (çek-ayır) havza olarak geliştiğini düşündürmektedir. Söz konusu ters ve normal faylanmalar, ana doğrultu atımlı faylanmaya uygun olarak gelişmekte ve bu fay tarafından kontrol edilmektedir.

Şekil 36' de de görüldüğü üzere çalışma alanı, KAFZ' nin Niksar-Destek segmentleri ile Esençay segmentleri arasında yer almaktadır. Esençay segmentine dair tarihsel veya aletsel döneme ait bir kayıt bulunmamakla birlikte; arazinin morfolojik görünümü doğrultu atımlı faylanmayı göstermektedir (Barka 2000). Bölgede yapılan çalışmalarda, havzanın güney sınırına (Esençay segmenti) dair yeteri kadar veri elde edilememiş olmasına rağmen, Barka (1984, 2000) ' nın söz konusu bölgeye ait paleoakıntı, sedimantolojik ve kinematik verileri, havzanın kenarlarından havza merkezine doğru gelişen bir normal faylanmayı işaret etmektedir.

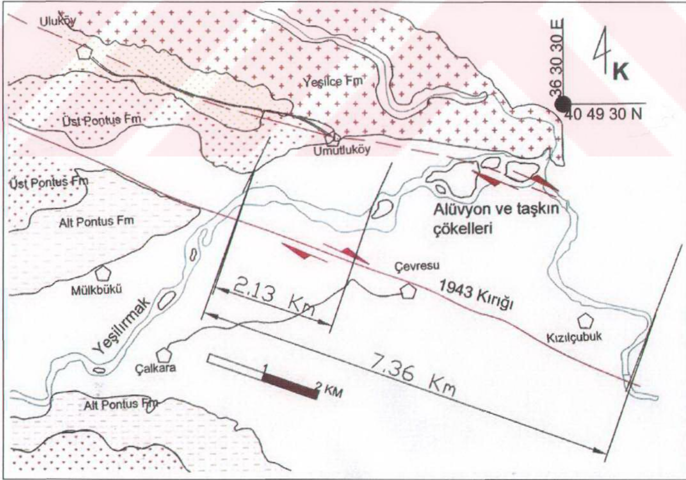



**Şekil 36.** KAFZ' nin Niksar-Destek ve Esençay segmentleri arasında pull-apart havza şeklinde gelişen Taşova-Erbaa havzasının görünümü (Barka, 2000)

Taşova havzasının kuzey kenarlarında elde ettiğimiz normal faylanmaya ait veriler ile havzanın güneyine ait Barka (1984, 2000) verileri birlikte değerlendirildiğinde; Taşova-Erbaa havzasının, KAFZ' nin Niksar-Destek

segmenti ile Esençay segmenti arasındaki rahatlama bölgesinde gelişen yaklaşık 60 km genişliğindeki pull-apart havza karakterini yansıtmaktadır.

KAFZ üzerinde yapılan çalışmalarda, fay zonu üzerindeki atımı Tokay (1973, 1982) 60-80 km, Seymen (1975) 85± 5 km, Barka (1981) Havza-Ladik havzasında 25±5 km, Barka (1984) Kamil - Kargı arasında 27 km, Taşova-Erbaa havzasında 8 km olarak ifade etmişlerdir. 1943 yılında gerçekleşen depremin yüzey kırığı, Çevresu kasabası dolaylarında yeşilırmak vadisini yaklaşık KD-GB doğrultusunda keserek devam etmektedir. Bu bölgede yeşilırmak vadisini kesen KAFZ' nin, vadi üzerinde yaklaşık 7.36 Km lik bir atıma neden olduğu hesaplanmıştır (Şekil 37). İlk sağ yanal sıçramasını Umutluköy dolaylarında yapan yeşilırmak vadisinin buradaki atımı yaklaşık 2.13 km iken Kızılçubuk dolaylarına kadar yaptığı sağ yanal sıçramada toplam atım 7.36 km olarak ölçülmüştür. Söz konusu atım alüvyon ve taşkın çökelleri içerisinde gözlenmektedir.




**Şekil 37.** KAFZ' nin Yeşilırmak vadisinde ölçülen atım miktarı

1939 – 1943 yılları arasında aktif bir depremsellik sunan KAFZ' nin orta segmentlerinin, bu tarihlerden sonra sismik olarak suskun bir yapı kazandıkları ve çalışma alanının güneyinde morfolojik olarak doğrultu atımlı fay geometrisi sunan ancak aletsel dönem kayıtlarında herhangi bir verinin olmadığı Esençay segmenti üzerinde de sismik bir boşluğun mevcut olduğu dikkat çekicidir.



## 7. YARARLANILAN KAYNAKLAR

Adıyaman, O., Chorowicz, J., Arnaud, N., Gundogdu, N., Gourgaud, A., 2001, Late Cenozoic tectonics and volcanism along the North Anatolian Fault: new structural and geochemical data, Tectonophysics, 338, 135-165.

Angelier, J. ve Mercier, P., 1977. Sur methode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en sismologie: la methode diédre droit. Bulletin de la Société Geologique de France, 19, 1309-1318.

Arpat, E., Şaroğlu, F., 1975, Türkiye'de Bazı Önemli Genç Tektonik Olaylar, Türkiye Jeol. Kur. Bült. 18/1.

Barka, A.A., 1981, Seismo–tectonic aspects of the North Anatolian Fault Zone, PhD Thesis, University of Bristol, England, 335 pp.

Barka, A., 1984, Kuzey Anadolu Fay Zonunundaki bazı Neojen-Kuvaterner havzalarının jeolojisi ve tektonik evrimi: Türkiye Jeoloji Kurumu, Ketin Sempozyumu, özel baskısı, Ankara, s. 209-227.

Barka, A., 1992, The North Anatolian Fault Zone. Anal. Tecton. 6, 164-195.

Barka, A., Akyuz, S., Cohen, A.H., and Watchorn, F., 2000, Tectonic evolution of the Niksar and Tasova-Erbaa pull-apart basins, North Anatolian Fault Zone: their significance for the motion of the Anatolian block, Tectonophysics, 322, 243-264.

Barka , A., Gülen, L., 1989, New constraints on age and total offset Of the North Anatolian Fault Zone: implications for tectonics of the Eastrn Mediterranean region, METU. J. Pure Appl. Sci. 21, 39-63.

Bellier, O., Over, S., Poisson, A., and Andrieux, J., 1997, Recent temporal change in the stress state and modern stress field along North Anatolian Fault Zone (Turkey), Geophysical Journal International, 131, 61-86.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi 1995-2000 http://www.koeri.boun.edu.tr/.

Bozkurt, E. ve Koçyiğit, A., 1996. The Kazova Basin: an active negative flower struture on the Almus Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 265, 239-254.

Carey, E., 1979, Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles, Revue Geological Dynamic and Géography physic., 21, 57-66.

Carey-Gailhardis, E. and Mercier, J.L., 1987. A numerical method for determining the state of stress using focal mechanisms of earthquake populations, Earth planet. Sci. Lett. 82, 165-179.

Chorowicz, J., Dhont, D., Gundogdu, N., 1999, Neotectonics in the eastern North Anatolian fault region (Turkey) advocates structural extension: mapping from SAR ERS imagery and Digital Elevation Model, Journal of Structural Geology, 21, 511-532.

Drury, C.G., 2000, Global quality: linking ergonomics and production.International Journal of Production Research, Vol: 38, no: 17, 4007-4018.

Erdem, K., 1999 Amasya ve Civarının Hidrojeolojisi : Yüksek lisanas tezi YÖK Tez arşivi Tez No:95836.

Hancock, P. L. and Barka, A. A., 1980, Plio-Pleistocene reversal of displacement of the North Anatolian Fault Zone: Nature, 286, 591-594.

Hancock, P. L. and Barka, A. A., 1981, Opposed shear senses inferred from neotectonic mesofracture system in the North Anatolian Fault Zone: J.Struct. Geol. 3, 383-392.

Herece ve Akay, 2003, Kuzey Anadolu fayı (KAF) atlası. Özel Yayın Serisi 2. MTA Yayınları. Ankara.

İrlitz, W., 1971, Neogene and older Pleistocene of the intramontane basins in the Pontic Region of Anatolia. Newsl. Stratigr.1, 33-5.

İrlitz, W., 1972, Lithostratigraphic und tektonische Entwicklung des Neogens in Nordostigraphic. Beih. Geol. Jb.

Ketin, İ., 1948, Uber die nordanatollische Horizontal verschiebung: Maden Tetkik Arama Enst. Derg., Ankara, 72,1-28.

Ketin, İ., 1968, Türkiye'nin genel tektonik durumu ve başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. M.T.A. Enst. Derg.,no. 71, s. 129-134, Ankara.

Ketin, İ., 1969, Kuzey Anadolu Fayı Hakıında. MTA Derg., 72, 1-28.

Kiratzi, A.A., 1993, A Study On The Active Crustal Deformation Of The North And East Anatolian Fault Zones. Tectonophysics, 225 (3): 191-203 Oct. 15.

Kocyigit, A., 1989, Susehri basin: an active fault-wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey, Tectonophysics, 167, 13-29.

Lange, P., Sanstleben, C. ve Memikoğlu, O., 1967, Kurşunlu-Ilgaz (Çankırı) bölgesinin linyit etüdü: Maden Tetkik Arama Enst. Derleme Rapor 3575, 15 s.

McKenzie, D., 1972, Active Tectonics of the Mediteranean region: Geophys. J.R. ast. Soc. 30, 109-185.

McKenzie, D., 1978, Active Tectonics of the Alpine-Himalayan belt: The Aegean Sea and surrounding regions. (tectonics of Aegean region): Geophys. J.R. Astr. Soc., 55, 217-254.

Över, S., 1996, Analyse tectonique et etats de contrainte Cenozoique dans la zone centrale de la faille Nord Anatolienne (Turquie). PhD Thesis, Orsay, France, 4137, 293s.

Över, S., Bellier, O., Poisson, A. and Andrieux, J., 1997, Late Cenozoic stress state changes along the central North Anatolian Fault Zone (Turkey), Annales Tectonicae, XI, 75-100.

Över S, Ozden S, Unlugenc U.C, Yılmaz, H., 2004, A synthesis: Late Cenozoic stress field distribution at northeastern corner of the Eastern mediterranean, SE Turkey. Comptes Rendus Geoscıence 336 (1): 93-103

Özcan, A.; Armağan, F.; Keskin, E.; Oral, A.; Özer, S.; Sümengen, M. ve Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı ile Kirşehir Masifi arasında kalan alanın temel jeolojisi: MTA Rap., 6722 (yayımlanmamış), Ankara.

Özden, S., Over, S., Unlugenc, U.C., 2002. Quternary stress regime change along the eastern North Anatolian Fault Zone, Turkey, International Geology Review, 44 , 11, 1037-1052.

Öztürk, A., 1979, Ladik-Destek yöresinin stratigrafisi. Türkiye Jeol. Kur. Bült. 22, 7-34.

Parlak, O., Demirkol, C., 1992, Preliminary field observaions on the geology and geomorphological features of the N.A.F.Z. around Destek-Erbaa (Amasya) region. 1st. International Symposium on the eastern Mediterranean, Geosound, 362 p., Adana-Turkey.

Seymen, İ., 1975, Kelkit Vadisi Kuzeyinde Kuzey Anadolu Fay zonu Tektonik Özellikleri, İTÜ Fak. Yayınları.

Şaroğlu, F., 1988, Age and offset of the North Anatolian Fault Zone. In "1987 Melih Tokay Symposium". Spec. Publ. Middle-East Techn. Üniver. Ankara, 65-79.

Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1979, The North Anatolian Fault: İts age, ofset and tectonic significance: J. Geol. Soc. Lond. 136, 269-282.

Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeol. Kur. Yay.40 s.

Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1982, Egenin neotektonik evrimini yöneten etkenler: Batı Anadolunun genç tektoniği ve volkanizması. Panel Kitabı, Türk Jeol. Kur., 59-71.

Şengor, A.M.C., Gorur, N., and Saroglu, F., 1985, Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in Strike-Slip

Şengör, A.M.C. ve Barka, A.A., 1992. Evolution of escape related strike-slip systems: implications for distruption of collision orogens. Abstracts, 29th IGC, Japan.

Tatar, O., Park, R.G., Temiz, H., Tutkun, S.Z., 1990, Transtensional and transpressional structures associted with the North Anatolian strike-slip fault zonen : The Niksar Basin, Turkey. In: Savascin, M.Y., Eronat, A.H.(Eds.), Proc. Int. Earth Sciences Congress on Aegean Regions, 1-6 October Vol. II. 323-333

Tatar, O., 1993, Neotectonic structures in the east central part of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Unpubl. PhD. Thesis, Keele University, Keele, UK, 303p.

Tatar, O., Piper, J.D.A., Park, R.G., Gürsoy, H., 1995. Paleomagnetic study of block rotations in the Niksar overlap region of the North Anatolian Fault Zone, Central Turkey, Tectonophysics 224, 251-266.

Temiz, H., Tatar, O. ve Tutkun, Z., 1993, Niksar-Erbaa havzaları paleotektonik dönem kayalarının stratigrafisi: A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu Bildirileri, A.Ü. Fen Fak., Jeoloji Müh. Böl., 157-170.

Tokay, M., 1973, Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ve Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler: Syposium on the Nort Anatolian and Earthquake Belt. De Maden Tetkik Arama Enst. Ankara 12-29

Tokay, M., 1982, Fault Recently Active Breaks along the North Anatolian Fault Zone Beetwen Gerede and Ilgaz Multldisciplinary Approach to Earthquake Prediction'da, (Işıkara A:M: and Vogel, A, Ed.) Friedr. View. Sohn. 173-184.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

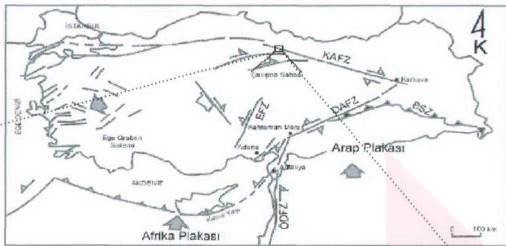
15.03.1978 tarihinde Turhal'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Turhal'da 1984-1992 yılları arasında tamamladı. Lise öğrenimine Eskişehir Demiryolu Meslek Lisesi'nde devam etti. Lise eğitimi akabinde, TCDD 4.Bölge Müdürlüğü bünyesinde göreve başladı. 1997 yılında kazandığı Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü 2002 yılında bitirdi. 2002 yılının Eylül ayından itibaren Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Genel Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda, Doç. Dr. Kaan Şevki KAVAK danışmanlığında yüksek lisans yapmaktadır.

Lisans öğrenimi süresince; *Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı*'nda "Altınyayla (Sivas) Ovası Yer altı Suları" konusunda bir bitirme ödevi ve *Maden Yatakları Ana Bilim Dalı*'nda "Cevher Mikroskopisi" konusunda da bir mühendislik projesi hazırladı. Bölüm içi stajlarını ise Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda tamamladı. Halen TCDD bünyesinde Jeoloji Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

# TAŞOVA (AMASYA) VE YAKIN CİVARININ JEOLOJİ HARİTASI

**EK 1**

( Herece ve Akay, 2003'den değiştirilerek) Recai KILIÇ / 2006






## AÇIKLAMALAR

**Alüvyonlar**
- Alüvyal fan-nehirsel çökeller (Üst Pleyistosen-Holosen)
- Alüvyon ve taşkın çökelleri (Üst Pleyistosen-Holosen)
- Büyük alüvyal fan-nehirsel çökeller (Üst Pleyistosen-Holosen)
- Alüvyal fan ve seki çökelleri (Alt Pleyistosen)

**Pontus Fm**
- Üst pontus Formasyonu (Pliyosen-Erken Pleyistosen)
- Alt Pontus Formasyonu (Tortoniyen)

**Yeşilce Fm**
- Sub-volkanik kayalar birimleri (genellikle bazalt) (Üst Lütesiyen-Üst Eosen)
- Andezit ve bazaltik kayalar (Üst Lütesiyen ve Üst Eosen)

- Yumaklı Formasyonu (Üst Lütesiyen veya Üst -Orta-Alt Eosen)
- Ladik Formasyonu (Kampaniyen-Maastrihtiyen)
- Artova Ofiyolitli Karışığı (Alt Senoniyen)
- Tersakan Formasyonu (Albiyen'den Alt Senoniyen'e)
- Doğdu Formasyonu (Üst Jura Alt Kretase)

**Turhal Grubu**
- Akdağ Formasyonu (Permiyen-Triyas)
- Rekristalize kireçtaşı birim (Permiyen)
- Şist- mermer ve metabazit birimleri (Paleozoyik?,Triyas, Alt ve Orta Jura)

## İŞARETLER

- Aktif Faylar
- Bindirme Fayı
- Heyelanlar
- Normal Fay (+ Yükselen, - Düşen)
- RK 7 Örnek Yeri
- Yerleşim Merkezleri
- Karayolu
- (25) Ölçüm Noktaları
- Formasyon Sınırı
- Antiklinal